

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA**

**UNIDAD DE POSTGRADO**

**Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y  
calidad de fibra en alpacas**

**TESIS**

para optar el grado académico de Magister en Producción y Reproducción  
animal

**AUTOR**

Francisco Enrique Franco Febres

**Lima – Perú**

**2006**

A mis padres Enrique

y Nancy por que  
siempre están allí para  
ayudarme, orientarme y  
brindarme su amor y  
comprensión.

A Tomasa,  
Carolina, Enrique,  
Mireya y Ariana por  
que de una o de  
muchas formas  
contribuyen en  
mejorar mi vida.

A todos mis  
amigos y amigas que  
caminamos en la vida  
juntos aunque sea un  
año, un mes o un  
lustro.

Al Dr. Felipe San  
Martín, por compartir su  
experiencia, conocimientos y  
brindarme su amistad y  
paciencia en la elaboración de  
este trabajo.

Al Dr. Miguel Ara,  
por brindarme todos sus  
aportes y sugerencias en la  
culminación de este trabajo.

Al Dr. Wilber García,  
Dr. Danilo Pezo y al Ing. Juan  
Olazábal, mis amigos y  
compañeros de trabajo por el  
apoyo y sugerencias  
brindadas.

A todo el personal del  
IVITA – Maranganí por el  
apoyo brindado en la  
realización del trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental del IVITA-Maranganí con el objetivo de evaluar el efecto de dos niveles alimenticios sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. Se usaron 12 alpacas Huacaya machos jóvenes. Se consideró una fase pre experimental para acostumbrar a los animales a una nueva dieta balanceada y una fase experimental con cuatro periodos; los periodos I y III de 28 días para igualar condiciones corporales, en el periodo II los animales fueron sometidos a dos tratamientos T1(0.7M) y T2(1.2M) ofreciéndoles 0.73 y 1.23 veces el requerimiento energético de mantenimiento por 84 días y en el periodo III los animales de T1(0.7M) pasaron al T2(1.2M) y viceversa por 84 días. en los periodos II y IV se tomaron muestras de fibra de un área de 100 cm<sup>2</sup> sobre el costillar medio derecho y se midieron el rendimiento, el diámetro (D), la longitud (L), la relación de L/D, el volumen (V), y aporte de D(L) de la fibra. El rendimiento de la fibra de T2(0.7M) (5.22 g/100 cm<sup>2</sup>) fue superior ( $P<0.05$ ) que el T1(0.7M) (4.43 g/100 cm<sup>2</sup>); el D fue mayor ( $P<0.05$ ) en el T2(1.2M) (25.75  $\mu$ ) que en el T1(0.7M) (23.97  $\mu$ ); la L fue mayor ( $P<0.05$ ) en el T2(1.2M) (319.6  $\mu$ /d) que en el T1(0.7M) (294.7  $\mu$ /d); la relación L/D fue similar ( $P>0.05$ ) en ambos tratamientos con 12.63 y 12.52 para T2(1.2M) y T1(0.7M), respectivamente; el V de T2(1.2M) (162.8 x 10<sup>-3</sup>  $\mu$ /d) fue mayor ( $P>0.05$ ) que T1(0.7M) (132.95 x 10<sup>-3</sup>  $\mu$ /d). El aporte al volumen D fue 68.6%, L fue 27.2% y D(L) 4.2%. Se concluye que los niveles alimenticios en la alpaca influyen tanto en la producción como en el volumen de la fibra y que el aporte del D en el incremento de la fibra resultante es mayor que el aporte de L.

Palabras Clave: alpaca, producción, fibra, nutrición.

## ABSTRACT

The present study was carried out at IVITA-Maranganí Experimental Station to evaluate the effect of two levels of feeding on the yield and fiber quality. Twelve young male alpacas were used. A pre experimental phase was considered to accustom to the animals to a new balanced diet and an experimental phase with four periods was considered; the periods I and III of 28 days for equalizing body condition, in the period II the animals were submitted to two treatments: T1 (0.7M) and T2 (1.2M) given them 0.73 and 1.23 times the maintenance requirement for 84 days and in the period IV the animals of T1(0.7M) were transferred to the T2(1.2M) and vice versa for 84 days. In the periods II y IV fiber samples were taken from one 100 cm<sup>2</sup> area on the right mid side position and the yield, diameter (D), length (L), the volume (V), the ratio L/D and the contribution of D(L) of the fiber were measured. The fiber yield of T2 (1.2M) (5.22 g/100 cm<sup>2</sup>) was higher (P<0.05) than T1(0.7M) (4.43 g/100 cm<sup>2</sup>); the D was higher (P<0.05) in T2(1.2M) (25.75 µ) than T1(0.7M) (23.97 µ); the L was higher (P<0.05) in T2 (1.2M) (319.6 µ/d) than T1(0.7M) (294.7 µ/d); the ratio L/D was similar (P>0.05) in both treatments with 12.63 and 12.52 for T2(1.2M) and T1(0.7M), respectively; the V of T2(1.2M) (162.8 x 10<sup>-3</sup> µ/d) was higher (P<0.05) than T1(0.7M) (132.95 x 10<sup>-3</sup> µ/d). The contribution of D was 68.6%, L was 27.2% and D(L) was 4.2% to the volume. It is concluded that the feeding levels in the alpaca influenced either in production and volume of fiber and beside the D contribution in the fiber incremented resulted higher than L contribution.

Key words: alpaca, production, fiber, nutrition

# **EFFECTO DEL NIVEL ALIMENTICIO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA EN ALPACAS.**

## **ÍNDICE**

|  | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....  | 4    |
| 2.1. Estructura de la piel y folículos pilosos en alpacas.....           | 4    |
| 2.2. Efectos hormonales sobre la producción de fibra.....                | 11   |
| 2.3. Influencia de la raza, sexo y edad en la producción de fibra.....   | 13   |
| 2.4. Factores ambientales sobre la producción de fibra.....              | 15   |
| 2.5. Estados fisiológicos de la hembra sobre la producción de fibra..... | 17   |
| 2.6. Efecto de la Nutrición sobre el crecimiento de la fibra.....        | 17   |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....   | 25   |
| 3.1. Lugar y Duración del experimento.....                               | 25   |
| 3.2. Animales experimentales.....  | 26   |
| Fase pre experimental.....   | 26   |
| Fase experimental.....   | 26   |
| Arreglo experimental.....  | 28   |
| 3.3. Observaciones realizadas.....                                       | 29   |
| 3.4. Diseño estadístico.....   | 32   |
| 3.5. Análisis de datos.....  | 33   |
| IV. RESULTADOS.....  | 34   |
| 4.1. Ganancia de peso vivo.....  | 34   |
| 4.2. Producción de fibra limpia.....                                     | 35   |
| 4.3. Longitud (L) de fibra.....  | 36   |
| 4.4. Diámetro (D) de fibra.....  | 37   |
| 4.5. Relación de longitud y diámetro de fibra (L/D).....                 | 38   |
| 4.6. Volumen y aportes de L, D y D(L) a su incremento.....               | 39   |
| V. DISCUSIÓN.....  | 41   |
| VI. CONCLUSIONES.....  | 46   |
| VII. BIBLIOGRAFÍA.....   | 47   |
| APÉNDICES.....   | 55   |

## **I. INTRODUCCIÓN**

La población de los Camélidos Sudamericanos (CSA) en el Perú es de aproximadamente 4 313 381, representando el 56% de la población mundial de CSA. En alpacas, el Perú cuenta con 3 026 087 animales los cuales representan 87% de la población mundial, siguiéndole Bolivia y Chile con el 9% y 0.9%, respectivamente (Bustinza, 2001).

Las alpacas en el territorio peruano producen 91% de la producción mundial de fibra de esta especie (Villarroel, 1991). En el Perú, 90% de las alpacas y la totalidad de las llamas se encuentran en manos de pequeños criadores (CONCYTEC, 2006). Se estima que en los Andes Sudamericanos unas 150 000 familias están involucradas en las diferentes etapas de la producción,

comercialización y procesamiento de la fibra de CSA y de otros productos derivados de su crianza (Hoffman, 2002).

El principal objetivo de la crianza de alpacas es la producción de fibra cuyas características de finura, elasticidad, resistencia, uniformidad, lustre, entre otras; le ha permitido ganar un sustancial mercado en el extranjero. Sin embargo, a pesar de tener un importante y creciente mercado, la producción de vellón es muy baja (1.6 kg por animal; E. Franco, 2004 comunicación personal), siendo necesario implementar efectivos programas genéticos y de manejo para incrementar esta productividad.

Muchos factores afectan la producción y la calidad de la fibra en alpacas; así tenemos el factor ambiental (estación, fotoperiodo, temperatura, altitud); el genético (individuo, raza, edad) y el hormonal y fisiológico (lactancia, preñez). En nuestro medio uno de los factores importantes que afectan el rendimiento de fibra es el estado de subnutrición en ciertos periodos del año. Así, las praderas, base de la alimentación de los CSA, presentan al inicio del periodo de lluvias deficiencia de energía, al inicio del periodo seco deficiencia de proteína y, en la época seca propiamente dicha, deficiencia de energía y proteína (San Martín, 1996). Estos periodos de subnutrición son seguidos por periodos de relativa abundancia de alimento los cuales ejercen un efecto marcado sobre la producción y calidad de la fibra.

Las investigaciones acerca del efecto de la nutrición sobre el crecimiento y calidad de la fibra en alpacas son escasas. Agramonte (1988), comparando rebaños



alimentados en pastos cultivados y en praderas, observó una mayor producción y mayor diámetro de fibra en los animales alimentados en pasturas cultivadas. Russel y Redden (1997), sometiendo a un mismo grupo de alpacas a dos regímenes nutricionales, uno a un nivel de submantenimiento (0.7M) y el otro a un nivel de sobremantenimiento (2M), encontraron que la alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de cambios en el largo de la fibra que en el diámetro; en contraste con lo hallado en ovinos (Reis y Sahlu, 1994). Las contradicciones de los resultados en los pocos estudios realizados para medir el efecto de la nutrición sobre la fibra de las alpacas conllevó a plantear este trabajo cuyo propósito es dilucidar el efecto de dos niveles nutricionales contrastantes sobre el rendimiento y calidad de la fibra.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Estructura de la piel y folículos pilosos en alpacas.**

La estructura de la piel en alpacas es similar a la de otros mamíferos (Gaitan, 1967) estando formada por tres capas bien definidas: la epidermis, capa delgada externa; la dermis, capa gruesa interna y la hipodermis, capa grasa (Chambilla, 1983; Bustinza, 2001). La epidermis está formada por un epitelio estratificado, plano y queratinizado y contiene cuatro estratos. El estrato Córneo es el más superficial y está formado por escamas córneas llenas de queratina. El estrato Granuloso está formado por una sola capa de células planas, con citoplasma plegado a la superficie y con presencia de granos de queratohialina, los cuales posiblemente participan en la formación de queratina. El estrato Espinoso, el cual

presenta células poliédricas y generalmente forma tres capas, presentando núcleos algo picnóticos: las células superficiales, aplanadas y las profundas, poliédricas. Por último, el estrato Germinativo o Basal, con células cúbicas en algunas zonas y en otras de aspecto cilíndrico. También pueden encontrarse células aplanadas los cuales descansan sobre una fina capa celular, algo brillante. En esta capa, la raza Suri presenta menos grasa que la Huacaya. Esta capa es más delgada en la alpaca que en otras especies (Bustinza, 2001).

La dermis está compuesta principalmente de tejido conectivo, conteniendo fibras de colágeno; es bastante gruesa y en su lecho se encuentran folículos pilosos, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas y músculo erector del pelo. La dermis se divide en dos capas. La dermis superficial delgada, caracterizada por la presencia de tejido conectivo laxo, con un número considerable de células conjuntivas o fibrositos, por lo que toma el nombre de “lámina propia”, esta capa se hace progresivamente densa hacia la parte profunda, formando líneas y tabiques que separan los “nidos foliculares”. Por otro lado, tenemos a la dermis profunda, formada por tejido conectivo denso, cuyas fibras colágenas se presentan en haces gruesos, desordenados, con tendencia a orientarse paralelamente a la superficie de la piel. Es en esta zona donde se presentan los bulbos pilosos (Bustinza, 2001). El límite entre la epidermis y dermis es bastante liso y no se distinguen con claridad los clavos interpapilares descritos para otros tipos de piel (Bustinza, 2001).

En la dermis se hallan los capilares sanguíneos los cuales forman grupos tortuosos alrededor de los grupos foliculares. En CSA éstos superan en cantidad

a los ovinos y cerdos. Los paquetes de capilares en la raza Huacaya no llegan a acercarse a los grupos foliculares sino que terminan a cierta distancia, por lo que el suministro de sustancias necesarias para éstos sería por difusión a través del tejido conectivo. Mientras que en la raza Suri, estos paquetes capilares son más abundantes y se acercan más a los grupos foliculares. Lo anterior lleva a especular que la piel de las alpacas Suri es semejante a la de los animales de climas calurosos, lo que es reforzado por la característica de su vellón abierto y su menor resistencia a las condiciones de las zonas altas (Bustinza, 2001).

Por último, se tiene la hipodermis que es una capa de la piel de CSA formada por tejido conectivo laxo, cuya función es fijar la dermis a los huesos o músculos y cuya principal característica es la presencia de un alto número de células adiposas (Bustinza, 2001).

La fibra en formación se halla rodeada por una estructura denominada folículo piloso. Estos folículos cubren casi todo el espesor de la dermis. El folículo presenta en su base un ensanchamiento que constituye el bulbo piloso, el cual presenta una papila de tejido conectivo con varios capilares. Esta papila invagina profundamente al bulbo formando un área bastante notoria. El bulbo limita con este tejido capilar de la papila por medio de una capa de células alargadas en las que se observan figuras mitóticas.

Los folículos de la alpaca por su distribución se clasifican en dos clases: Simples y Compuestos. Los folículos simples contienen una sola fibra, con diámetro bastante grueso, cuya médula es infalible y están acompañados de una glándula

sudorípara, que en algunos casos puede desembocar al folículo o , en otros, emerger libremente y han sido definidos como folículos primarios solitarios. Los folículos compuestos están formados por varios folículos de diferentes tipos y grosores, rodeados por tejido conectivo denso. Estos folículos se compactan y en la zona superficial se fusionan unos con otros y su emergencia es única. Este folículo compuesto toma el nombre de nido folicular, con un folículo primario y varios secundarios. El folículo primario (FP) es el más grande y de mayor diámetro y está relacionado con la glándula sebácea, la glándula sudorípara y el músculo erector. El FP no está rodeado completamente por folículos secundarios (FS) sino que se localiza a un lado de ellos. Los FS son de menor diámetro y con frecuencia van acompañados de glándulas sudoríparas (Bustinza, 2001).

En ovejas, los FP y FS se forman durante el desarrollo prenatal. El desarrollo del FP es una invaginación de la epidermis formada entre los 50 y 60 días después de la concepción. Entre los días 90 a 100 de gestación están produciendo una fibra (Hynd y Masters, 2002). Existen dos tipos de FS; los denominados folículos secundarios originales (FSO) que, como los FP, son producidos en la epidermis pero su desarrollo ocurre entre los 95 y 135 días de gestación (Ryder y Stephenson, 1968). El segundo tipo de FS son los ramificados o FS derivados (FSD). Se denominan así por que estos folículos son producidos a partir de los FSO (Hynd y Masters, 2002). La mayoría de los FS no completan su maduración sino hasta después del nacimiento (Hardy y Line, 1956; Carpio y Arana, 1975).

En alpacas, el desarrollo folicular es similar al de los ovinos. Así, el FP inicia su formación entre los 90 y 147 días después de la concepción y la mayor

producción se da entre los 187 a 214 días de gestación. El desarrollo de los FSO se observa a partir del día 187 y el desarrollo de los FSD se produce a los 264 días de gestación (Yi, 1995). Cabe resaltar que la maduración folicular sólo alcanza el 75% (Bustinza, 2001). Los diferentes estadios de desarrollo folicular siguen un orden definido y similar a los descritos en ovinos (Hardy y Line, 1956; Hynd y Masters, 2002) y pueden ser aplicados en alpacas (Yi, 1995).

La relación promedio de FS y FP (S/P) en alpacas alimentadas con pastos nativos es de 7:1, con una variación relativamente grande, encontrándose desde 2 hasta 17 (Bustinza, 2001). Sin embargo, Yi (1995), trabajando en similares condiciones, encontró que la relación S/P fue de 2.25:1; no encontrando diferencias por raza. Así mismo, Bustinza (2001) señala que no existen tríos foliculares como en el caso de los ovinos.

La densidad folicular promedio en el cuerpo de la alpaca es de 18 folículos por  $\text{mm}^2$  pero pueden variar de 15 hasta 26. La densidad disminuye en sentido dorso-ventral y postero-anterior. La zona del cuello tiene la mayor densidad (mayor que 20 folículos por  $\text{mm}^2$ ). Las partes más bajas y los flancos (zonas inguinal y axilar) tienen la menor densidad (10 folículos por  $\text{mm}^2$ ). Existe una alta correlación negativa entre densidad folicular y diámetro (-0.8); es decir, a mayor densidad folicular mayor finura de fibra (Bustinza, 2001).

A la observación microscópica (corte transversal) de gran aumento (200x a 500x), la fibra de alpaca, de manera similar a la de los ovinos, presenta tres capas más o menos concéntricas: cutícula, corteza y médula (Bustinza, 2001). La cutícula es la

capa externa de la fibra, compuesta de células planas de formas poligonales, superpuestas unas a otras a manera de escamas de un pez. El promedio de escamas por 100  $\mu$  de longitud de la fibra es de 9.7, con rangos de 7 a 13 en Huacaya y de 7 a 15 en Suri (Villarroel, 1991).

Existen diferencias entre las fibras de la alpaca Suri y de Huacaya. En general, la fibra de la raza Suri presenta una superficie más suave en la capa externa de la cutícula, mientras que la fibra de la raza Huacaya presenta una superficie áspera. Las diferencias en sus propiedades de fricción se deben a las características cuticulares y al modelo de escamas de la fibra. A medida que el diámetro disminuye la escama se torna semicoronal o coronal; por el contrario, a medida que la fibra se engruesa las escamas son más pequeñas y sus márgenes se vuelven más irregulares y próximos. Por otro lado, la principal diferencia entre los modelos de escama de fibra de alpaca y la lana de ovino es el tamaño y la forma de las escamas. Usualmente, en las alpacas éstas son menores e irregulares y muestran menor protuberancia en los márgenes superiores, aunque las fibras finas, especialmente de la raza Huacaya, tienen bordes semejantes a los de la lana de ovino (Villarroel, 1963, Villarroel, 1991; Bustinza, 2001).

La corteza es una capa muy variable en la fibra de alpaca y aumenta su proporción relativa a medida que el diámetro disminuye. Así, hay fibras que sólo presentan cutícula y corteza. En éstas, las células corticales forman más del 90% de la masa de la fibra, similar al caso de las fibras de lanas finas en ovinos. En el otro extremo, existen fibras gruesas en la cuales se distinguen claramente la cutícula, la corteza y la médula. En éstas la corteza puede comprender menos del

50% de toda la masa de la fibra. Entre los dos extremos hay una gama de casos intermedios.

En la corteza de la fibra de ovinos se distinguen dos secciones reconocidas por sus propiedades físicas y químicas. Las células de estas secciones se denominan células *orto* y *para*, que a la tinción con azul de metileno son fuerte y débilmente teñidas, respectivamente (Rogers, 1959). En la fibra de la raza Huacaya, como en el caso de la lana de ovino, la corteza muestra una diferenciación más clara de las secciones *orto* y *para* a medida que la fibra es más rizada (Bustinza, 2001). Así, las fibras de gran finura y de alto grado de rizamiento muestran una mayor diferenciación. En las fibras con médula, la estructura *orto* y *para* permanece similar a la de aquellas fibras no meduladas. En la fibra de finura media (25 a 35  $\mu$ ) las células *orto-para* se distribuyen en forma variable y con una demarcación menos nítida. Las células *orto* siempre se ubican a un lado de la sección transversal, generalmente en forma perpendicular o ligeramente opuesta al diámetro mayor; y en las fibras gruesas (40  $\mu$  o más) raramente se observan porciones claramente teñidas (*orto*), y cuando se notan son como manchas en las regiones más externas de la fibra; no se observa la distribución radial de las células de tipo *orto* (Villarroel, 1963; Bustinza, 2001).

Las fibras Suri, probablemente por ser rectas, lacias y de superficie suave, tienen menor afinidad hacia los tintes, lo cual dificulta el estudio de la diferenciación de las células corticales *orto-para* aún en las fibras finas. En las fibras medias y gruesas de la alpaca Suri es muy difícil distinguir células corticales de tipo *orto* (Bustinza, 2001).



La médula de la fibra de alpaca, presenta diversas características de acuerdo al plano de observación. A la observación longitudinal, las fibras más finas no presentan médula; sin embargo, en las fibras de grosor intermedio la médula es interrumpida o delgada y en las fibras más gruesas es de tipo “lattice” o enrejado. A la observación transversal, la médula aparece como una demarcación central oscura de formas variadas. Esta forma es más irregular a medida que aumenta el tamaño, correlativamente al aumento del diámetro de la fibra. La fibra no medulada es a su vez la más circular y corresponde a las fibras más finas. La medulación fragmentada presenta una sección circular y corresponde a fibras finas. A medida que la fibra se engruesa, la médula se torna continua a lo largo de su longitud, siendo más amplia y sólida y su forma transversal es ovoide, arriñonada y/o irregular. Las fibras gruesas tienen médula sólida y de gran tamaño, presentan en su forma transversal un entorno arriñonado, triangular y en algunos casos, la médula toma la forma de S o T. Las fibras más gruesas (cerdas) poseen médula continua muy amplia, similar al tipo lattice y en su forma transversal se torna en doble T o X con extremos expandidos e irregulares (Villaruel, 1959, Bustinza, 2001).

## **2.2 Efectos hormonales sobre la producción de fibra.**

No existen hormonas con funciones de dirigir nutrientes a la piel (Adams *et al.*, 2000). Sin embargo, las hormonas sí afectan el crecimiento de la lana a través de sus efectos en la síntesis proteica de todo el cuerpo, o afectando el metabolismo de la proteína en otros tejidos. Se han reportado pequeños incrementos en la

producción de lana en ovinos Merino tratados con andrógenos (Southcott y Royal, 1971; Hynd y James, 1987) probablemente como resultado de un incremento en el alimento consumido (Adams *et al.*, 2000). La hormona del crecimiento incrementaría (Johnsson *et al.*, 1985) o disminuiría (Wynn *et al.*, 1988) el crecimiento de la lana, dependiendo del incremento del alimento consumido y de la desviación de los nutrientes a los tejidos que responden mejor a la hormona del crecimiento como intestinos y músculos. La desviación de nutrientes es incluso más marcada con el  $\beta$  adrenérgico agonista cimaterol, el cual hace decrecer la producción de lana en un 16% y el peso de la piel en un 9%, mientras incrementa la proteína en la carcasa y disminuye la deposición de grasa (Fernessy *et al.*, 1990).

En ovinos, las hormonas influyen el ciclo de desarrollo folicular de la fibra en la fase Anágena (fase activa de desarrollo folicular o crecimiento), Catágena (fase de transición) y Telógena (fase de reposo), los cuales ocurren como parte de un ciclo anual de muda. El impacto del ciclo folicular anual, coordinado por el fotoperiodo, varía entre razas. La raza Wiltshire Horn muda el vellón completo, la Raza Romney sufre fluctuaciones estacionales de cerca del 40% en el crecimiento de la lana, mientras que en la raza Merino los cambios son relativamente limitados (Adams *et al.*, 2000). La prolactina media el efecto del fotoperiodo por sincronización endógena de los ciclos foliculares, pero no conduce los eventos foliculares. Se ha observado que la manipulación farmacológica de prolactina no afecta el crecimiento de la lana (Wallace, 1979); aun cuando los receptores de prolactina están ampliamente distribuidos en la papila dermal, vaina de la raíz interna y externa, matriz germinal, glándulas sebáceas y sudoríparas en

ovinos (Adams *et al.*, 2000) y en alpacas (Sosa, 2006). Por último, en ovinos, un incremento en el cortisol causa pérdidas de células del bulbo y de la vaina de la raíz, resultando en la muda de la fibra. Tratamientos prolongados con cortisol causan que la piel llegue a estar más delgada, con pérdida de colágeno de la dermis, reducción en el tamaño de las glándulas sebáceas y regresión de folículos (Adams *et al.*, 2000).

En alpacas, no existen estudios del efecto de hormonas sobre el crecimiento de la fibra.

### **2.3. Influencia de la raza, sexo y edad en la producción de fibra.**

Las razas Huacaya y Suri poseen diferencias en las características de la fibra. La raza Huacaya posee una fibra rizada, dándole al vellón apariencia esponjosa parecida al vellón del ovino Corriedale. La raza Suri posee una fibra lacia y lustrosa que semeja en cierto grado a Mohair o lana de lustre como el ovino Lincoln (Villarroel, 1991). Así mismo, la longitud de mecha del vellón de alpaca Suri es más larga que la Huacaya (Condorena, 1980; Bustinza, 1983, Bustinza, 2001; Ruiz de Castilla, 2004; Sumar, 2005).

Con relación al efecto del sexo sobre fibra, la mecha de vellón de machos posee una longitud mayor que las hembras (Bustinza, 1991). Estudios realizados en Nueva Zelanda en Huacaya adultas reportan que los machos poseen un mayor diámetro de fibra que las hembras (Wuliji *et al.*, 2000). Sin embargo, Bustinza

(2001) señala que las diferencias en la fibra por efecto de sexo son mínimas y que sólo a partir de los cuatro años de edad la fibra de machos tiende a ser de mayor grosor y diferenciarse a la de las hembras, aunque estas diferencias no son significativas.

Con respecto a la edad, el diámetro de la fibra de alpaca es menor al primer año de vida (primera esquila), aumentando considerablemente con la edad hasta los cinco años, para luego seguir incrementándose pero a menor escala (Calderón y Pumayala, 1981; Bustinza *et al.*, 1985; Bustinza, 2001). Sin embargo, también se han observado incrementos lineales en el diámetro de fibra con la edad (Couchman, 1992; Bustinza *et al.*, 1985 y Davis, 2001). Con respecto al peso del vellón, Ccopa (1980) señala que el peso de vellón es directamente proporcional a la edad de las alpacas. Por otro lado, Velarde *et al.* (1998) señalan que éste se incrementa rápida y ascendentemente hasta los cuatro años, para luego hacerlo lentamente hasta los cinco años, manteniéndose constante hasta los siete años de edad y luego decrecer.

Con respecto a índices de herencia y correlaciones, Velasco (1978), calculó el índice de herencia para peso corporal ( $0.69 \pm 0.2$ ) y peso de vellón ( $0.35 \pm 0.2$ ) por el método de regresión de hijas sobre madres de 106 pares de madres-hijas; Roque *et al.* (1985) hallaron índices más bajos para peso corporal ( $0.27 \pm 0.08$ ) y longitud de mecha ( $0.21 \pm 0.07$ ) de 330 alpacas y sus respectivas crías. Con respecto a las correlaciones fenotípicas de peso de vellón y peso corporal, según raza, año y edad de la madre, para crías de 264 d de edad, Velasco (1978), halló una correlación genética de  $-0.26$ . También se han observado correlaciones

significativas entre peso corporal y peso de vellón (Aedo *et al.*, 1985; Toyofuku, 1985; Ruelas, 1985; Ampuero y Aedo, 1985) entre peso de vellón y largo de mecha (Toyofuku, 1985; Ruelas, 1985; Ampuero y Aedo, 1985).

#### **2.4. Factores ambientales sobre la producción de fibra.**

Los niveles de producción de fibra y estructura de vellón son afectados por factores ambientales, por ejemplo, en ovinos, los índices de regeneración folicular pilosa, el diámetro y la longitud de la fibra fueron influenciados por cambios climáticos y estacionales (Fraser y Short, 1965). Fraser y Short (1965) señalan que la estacionalidad del crecimiento de la lana podría deberse al ritmo del fotoperiodo y no a los cambios de temperatura. Hutchinson (1965), también manifiesta que la mayoría de razas de ovinos exhiben un ritmo anual del crecimiento de la lana controlado por el largo del día. Así mismo, Woods y Orwin (1988), trabajando con ovinos de raza Romney en Nueva Zelanda, alimentados con una dieta de mantenimiento, encontraron que el diámetro de fibra durante un año varió de 41.3  $\mu$  en verano de días más largos, a 30.4  $\mu$ , en invierno de días más cortos.

Por otro lado, en alpacas, Bustinza *et al.* (1985), estudiaron el crecimiento de la fibra durante el año en comunidades y en una empresa asociativa, encontrando que en ambas explotaciones la tasa de crecimiento varió a través del año, siendo mayor en diciembre y enero (inicio de lluvia y lluvia, respectivamente), donde se desarrolló el 25% del crecimiento en longitud, y menor entre septiembre y octubre

(época seca) donde ocurrió un 10% del crecimiento en longitud total. Estos resultados se atribuyen fundamentalmente a la disponibilidad forrajera de la pradera.

Leyva (1996) señaló que la mayor producción de fibra en alpacas ocurre en la época de lluvia (67%), en comparación con la época de seca (33%). Choquehuanca y Leyva en 1996 (citados por García, 2005) reportaron que la suplementación de alpacas en época seca no compensa la depresión del crecimiento de la fibra probablemente por un efecto de fotoperiodo.

García *et al.* (2006), trabajando con alpacas Suri machos jóvenes, observaron incrementos de la producción de fibra en la época de lluvia y disminución en la época seca; atribuyendo estos resultados tanto a la disponibilidad del alimento como al fotoperiodo. En alpacas, Wuliji (1993) estudió los cambios de peso corporal y longitud y diámetro de la fibra en diferentes estaciones, concluyendo que la longitud fue más afectada que el diámetro de la fibra, atribuyendo estos resultados a la nutrición.

Braga (1987), al evaluar el efecto de la altitud sobre la producción y calidad de la fibra en alpacas alimentadas con dietas similares, no encontró efecto sobre la fibra debido a la altitud y que ésta sólo afectó el peso corporal, el cual fue superior en los animales criados a menor altitud.

## **2.5. Estados fisiológicos de la hembra sobre la producción de fibra.**

Durante la preñez se registra una reducción de la proteína depositada en la fibra. Por ejemplo, en el último tercio de gestación de borregas Merino, la producción de lana decrece en un 6% (Masters y Mata, 1996). Durante la lactación también se registra una reducción del crecimiento de lana (Restall y Pattie, 1989). Ambos estados fisiológicos pueden afectar la producción de lana del 10 al 25%. Esta disminución es explicada por la reducción en longitud y número de fibras. En cabras, se señala que la preñez y la lactación reducen severamente el crecimiento del vellón y longitud de fibra sin afectar el diámetro: la preñez en un 30% y la lactación en un 48% y ambas en un 65% (Smuts, 1999).

En alpacas, Leyva *et al.* (1981; citados por Braga, 1987) señalaron que la preñez y la lactación causan disminución de la producción de fibra en un 17%. Así mismo, señalaron que la producción de fibra disminuyó en un 11% en hembras que perdieron sus crías dentro de los 50 días post parto, y por lo tanto dejaron de lactar, sugiriendo que el efecto negativo exclusivo de la lactación sobre la producción de fibra es del 6%.

## **2.6. Efecto de la Nutrición sobre el crecimiento de la fibra.**

La nutrición juega un rol muy importante sobre la producción de fibra. En ovinos, la mejora del nivel alimenticio ocasiona aumento del peso del vellón debido al incremento en longitud y diámetro de la fibra (Ryder y Stephenson, 1968;

Henderson, 1980; Russel, 1992; Sumner y Bigham, 1993). En cabras, una pobre nutrición en la etapa fetal y neonatal temprana ocasiona una permanente limitación en la habilidad para producir fibra debido a una reducción en el número de folículos desarrollados (Ryder y Stephenson, 1968; Hogan *et al.*, 1979; Henderson y Sabine, 1991). Sin embargo, Corbett (1979) señala que la subnutrición en la vida temprana puede causar una reducción en la capacidad de los folículos para producir fibra, pero ésta no es permanente en el crecimiento de la fibra, excepto en situaciones de extrema subnutrición.

El efecto de la proteína en la dieta consumida sobre el crecimiento de la lana no ha sido claramente establecido; en parte por la degradación que sufre la proteína dietética en los compartimientos estomacales del rumiante (rumen y retículo). De esta manera adquiere relevancia, no el nivel de proteína en la dieta, sino el nivel del contenido nitrogenado que alcanza el abomaso y al intestino para su absorción a este nivel (Hogan *et al.*, 1979).

Por otro lado, al estudiar la formación de la lana en los ovinos se encontró que los cambios en la masa cutánea son relativamente grandes, aun que son más lentos que los de la síntesis fraccional de proteínas (Liu *et al.*, 1998) o la proporción mitótica de células bulbares. Además de estos cambios lentos en la masa folicular y los sustanciales retrasos en el crecimiento de la lana en ovinos sometidos a restricción nutricional también serían afectados por la desviación de aminoácidos a tejidos con mayores demandas (Adams *et al.*, 2000). En ovinos jóvenes sometidos a bajos niveles de ingesta, Doyle y Egan (1983) encontraron que los tejidos corporales compitieron por nutrientes más fuertemente que la lana,



mientras que en ovinos adultos el crecimiento de la lana se mantuvo a expensas de tejidos corporales.

La lana esta compuesta casi completamente de proteína (0.5% de lípidos y minerales), con un alto nivel de cisteína y serina (Williams, 1995). Estas diferencias entre la lana y los otros tejidos corporales crea un relativo desbalance en el pool de aminoácidos corporales en el proceso de síntesis tanto de la lana como de los otros tejidos, en particular de los aminoácidos sulfurados metionina y cisteína, muy necesarios para el crecimiento de la lana.

La proteína de la lana esta agrupada en tres tipos: a) bajo contenido de azufre (60-70%), b) alto contenido de azufre (20-40%) (con alto contenido de cisteína pero no de metionina) y c) alta en tirosina (1-12%) (con alto contenido de tirosina, lisina, isoleucina, histidina o glutamato y no contiene metionina) (Liu y Masters, 2003).

La cisteína en la lana está en una proporción del 10% (8.3 - 13%) comparada con 1.3% de la proteína corporal (Reis, 1979). La concentración de metionina en la lana es casi la mitad de la concentración de proteína corporal. La concentración de serina también es alta, llegando a ser el doble de la proteína corporal; sin embargo, la función de esta última en la fibra no es clara, una conjetura es que los grupos hidroxilos de la serina forman enlaces hidrogenados que ayudan a consolidar la estructura de la fibra (Liu y Masters, 2003).

Lo anterior sugiere una potencial respuesta a la suplementación con proteína o aminoácidos en términos de producción de fibra. Sin embargo, en ovinos Merino la suplementación con cisteína sólo alcanzó el 80% de eficiencia en comparación a la de metionina (Reis, 1989; Reis *et al.*, 1992). El rol principal de la cisteína para el crecimiento de la lana es la provisión de sustrato para la síntesis de la proteína de la lana (Fratini *et al.*, 1994). Aunque, la cisteína es requerida en una mayor cuantía para sintetizar las proteínas de la lana, y mucha de ésta puede ser proveída por la conversión de la metionina, la metionina desempeña un rol más importante en la estimulación del crecimiento de la lana (Reis, 1989), debido a que tiene un rol en la iniciación de la síntesis de cualquier proteína (Glick y Pasternack, 1998). Por otro lado, tanto los aminoácidos proporcionados por la dieta y los proporcionados por los microorganismos no proveen suficiente metionina y cisteína para obtener la máxima tasa de crecimiento de la lana (Liu y Masters, 2003).

Con respecto a la energía, Black (1987) estimó que la tasa máxima de crecimiento de lana (20 g/d de lana limpia) en ovinos de alta producción podría ser sostenida con aproximadamente  $0.43 \text{ MJ/kg PM}^{0.75} / \text{día}$  ( $102.8 \text{ kcal/kg PM}^{0.75}/\text{día}$ ), correspondiendo este valor al 9 % del metabolismo basal de un ovino de 40 kg de peso. Es claro que la mayor limitación nutricional para el crecimiento de la lana es la cantidad y composición de aminoácidos disponibles a los folículos pilosos.

En alpacas, la nutrición también juega un rol importante en la formación y maduración folicular así como en el crecimiento y diámetro de la fibra. Según Florez *et al.* (1986), la fibra proveniente de animales mal alimentados es menos resistente y más fina que la de animales con mejor alimentación. Con respecto al diámetro de la fibra, Bustinza (2001) reporta que en periodos de sequía en el altiplano, el diámetro de fibra disminuye aproximadamente en 5  $\mu$ .

Agramonte (1988), comparando rebaños de alpacas alimentados en pastos cultivados y en praderas, observó una mayor producción y mayor diámetro de fibra en los animales alimentados en pasturas cultivadas. Por otro lado, alpacas machos adultos llevados de Chile a Nueva Zelanda, mostraron un incremento de 6.5  $\mu$  de diámetro desde su arribo en 1989 hasta 1990 por una mejora en la alimentación. En años subsecuentes el diámetro de fibra incrementó 0.9  $\mu$  por año (Wuliji *et al.*, 2000). Del mismo modo, Hoffman (1998) reportó que alpacas Huacaya y Suri provenientes del altiplano y que luego fueron alimentadas con heno de alfalfa y concentrado durante cuatro meses, incrementaron en un promedio de 3  $\mu$  el diámetro de la fibra. Análogamente, Russel y Redden (1997), sometiendo a un mismo grupo de alpacas a dos regímenes nutricionales, uno por debajo de los requerimientos de mantenimiento (0.67M) y otro al doble de los requerimientos mantenimiento (2M), encontraron que la alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de los cambios en la longitud que en el diámetro de la fibra.

En cuanto se refiere al efecto de la nutrición sobre el diámetro (D) y longitud (L) de la fibra, es importante considerar que el D está estrechamente relacionado al tamaño del bulbo folicular (ancho y volumen total), mientras que la L de la fibra está relacionado además del tamaño de bulbo, a la longitud de las células corticales y a la proporción de las células que ingresan a la propia fibra (Hynd, 1994; Hynd y Masters, 2002).

En ovinos, los cambios en la calidad y cantidad del forraje ofrecido producen variaciones en la producción de lana y en el diámetro de la fibra (Hynd y Masters, 2002). En ambientes con marcada estacionalidad, estas variaciones son sustanciales (Thompson, 1998). Los ovinos de fibra gruesa son más susceptibles a sufrir variaciones de D provocadas por la manipulación nutricional, en comparación con los ovinos de fibra fina, éstas serían dictadas por el genotipo (Hynd y Masters, 2002).

Con respecto a la relación entre longitud y diámetro (L/D), Reis y Sahlu (1994), trabajando en tres experimentos con ovinos Merino sobre la respuesta en el crecimiento de lana a la suplementación de aminoácidos al abomaso obtuvieron un incremento del 15, 25 y 50% respectivamente, tanto en L como en D. Sin embargo la relación L/D se mantuvo constante en dos experimentos y varió ligeramente en el tercero. Con los datos anteriores se midieron el aporte de la L, del D y del D(L) en la producción de la fibra, los métodos sugieren que el D hace la mayor contribución a la producción de la fibra (de 70 a 80%), mientras que la L, incluyendo la contribución de D(L) va del 20 al 30%. Sin embargo, Hynd y Masters

(2002) indican que L podría hacer una contribución mucho mayor, incrementando en un 45%.

Downes (1971) y Downes y Sharry (1971), manipulando la nutrición en ovinos de raza Merino y Corriedale, causaron un incremento cuádruple en el porcentaje de crecimiento de la lana individual; sin embargo, la relación L/D no aumentó más del 10%. Por otro lado, la relación L/D en ovinos de raza Romney no fue hallada constante (Sahlu y Fernández, 1992; Sahlu *et al.*, 1992), midiendo tanto L como D de fibra de cabra Angora, encontraron que los rangos de la relación L/D varían de 21 a 27. Los datos de Clarke y Smith (1975), Qi *et al.* (1992) y Sahlu *et al.* (1992), basados en la longitud de mecha, dieron un rango similar, pero algunos valores fueron tan altos como 30 para fibras de un D similar. Estos resultados sugieren que el crecimiento en L de fibra en cabras de raza Angora podría ser mayor al 50% que lo hallado en ovinos de raza Merino (Reis y Sahlu, 1994).

No existen muchos estudios acerca del efecto diferencial de la nutrición sobre el D y la L de fibra en alpacas, Russel y Redden (1997), trabajando con alpacas adultas machos de fibra gruesa (31  $\mu$ ), sometidas a dos niveles nutricionales, reportaron que la producción de fibra de alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional, pero que el diámetro de fibra no sufrió variaciones significativas, en cambio la longitud de fibra fue la más afectada. También reportaron la contribución de L, D y diámetro incrementado de la longitud extra de la fibra (D(L)) al incremento de volumen y encontraron que la mayor contribución en el crecimiento de la fibra está dado por el incremento de L y no por D y D(L).

Indudablemente la nutrición juega un rol muy importante en la producción y calidad de la fibra; en otros rumiantes productores de lana o fibra se han desarrollado muchos estudios para dilucidar la importancia de los diferentes factores nutricionales sobre la producción de ésta, como por ejemplo el rol de las proteínas, al energía, la suplementación con aminoácidos, etc.

En CSA, especialmente en la alpaca aun falta mucho por investigar y las contradicciones de los resultados en los pocos estudios realizados para medir el efecto de la nutrición sobre la fibra de las alpacas conllevó a plantear este trabajo cuyo propósito es dilucidar el efecto de dos niveles nutricionales contrastantes sobre el rendimiento y calidad de la fibra.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar y Duración del experimento.**

El trabajo de campo se llevó a cabo en el fundo San Marcos de la Estación Experimental IVITA Maranganí, FMV-UNMSM, ubicado en el departamento del Cusco, provincia de Canchis, distrito de Maranganí a 11 km de la ciudad de Sicuani y a 3704 msnm y a 14° 21' 11.4" S, 71° 09' 56.9" . Con temperaturas máximas que tienen una variación entre 13º a 15º C y mínimas de -7º a 2.5º C, con una precipitación pluvial que varía entre 90 y 200 mm/mes y 952 mm/año.

El trabajo se desarrolló del 11 de junio del 2003 al 17 de enero del 2004.

### **3.2. Animales experimentales.**

Se eligieron al azar 12 alpacas Huacaya machos entre 3 y 4 años de edad, de color blanco con un peso promedio de 59.6 kg y provenientes de la misma majada (punta de machos IVITA Maranganí), alimentados con pastos nativos dominados por una asociación de *Festuca rigida* y *Muhlenbergia fastigiata* (Feri –Mufa).

El estudio tuvo dos fases; a saber: La fase pre experimental y la fase experimental (Cuadro 1).

#### **Fase pre experimental.**

Los animales fueron acostumbrados gradualmente por 14 d al alimento base del experimento (ABE) (Cuadro 2). Tanto el alimento como el agua fueron proporcionados *ad libitum* en comederos y bebederos en cubículos individuales.

**Fase experimental:** Esta fase consistió en cuatro periodos (Cuadro 1):

#### **Periodo I.**

Finalizado los 14 días de acostumbramiento de la fase pre experimental los animales continuaron recibiendo el ABE en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos de mantenimiento (1 M) y de esta manera igualar sus condiciones corporales. El requerimiento energético y proteico de nutrientes calculados para estos animales fueron de 114 kcal de EM/kg PM con 25% más del estimado por



Carmean *et al.* (1992) y de 118 g de proteína con 25% más del estimado por San Martín (1991). Este periodo tuvo una duración de 28 d.

## **Periodo II.**

A los animales del T1 (0.7 M) se les ofreció el equivalente a 0.73 veces el requerimiento de mantenimiento y a los animales del T2 (1.2 M) se les ofreció el equivalente a 1.23 veces el requerimiento de mantenimiento buscándose tener regimenes nutricionales contrastantes (baja y alta nutrición). Al inicio de este periodo todos los animales fueron pesados y rasurados a la altura del costillar medio en un área de 100 cm<sup>2</sup> (área de estudio de la fibra). Posteriormente se tomaron muestras de la fibra y se pesaron los animales cada 28 d hasta completar tres muestreos.

## **Periodo III.**

En este periodo los animales de ambos tratamientos recibieron el ABE en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos de mantenimiento (1 M) durante 28 d y así igualar la condición corporal. Los animales fueron nuevamente rasurados y pesados.

## Periodo IV.

En este periodo los animales del T1 (0.7 M) durante el periodo II pasaron al T2 (1.2 M) y viceversa. Durante este periodo se tomaron las muestras de la fibra y pesaron los animales cada 28 d tres veces .

### Cuadro 1. Arreglo experimental.

|                       |  |  |   |   |
|-----------------------|--|--|---|---|
| Fase pre experimental | Los 12 animales fueron alimentados al pastoreo en un pastizal Feri Mufa.                 |  |   |   |
|                       | 12 animales recibieron alimento base del experimento (ABE) (Cuadro 2) (acostumbramiento) |  |   | 14 d (11/06/03)   |
| Fase experimental     | Periodo I  | Los 12 animales recibieron ABE para cubrir requerimiento de mantenimiento (dieta 1M) (igualar condiciones corporales)  |   | 28 d pesado y rasurado (25/06/03)   |
|                       | Periodo II   | T1 (dieta 0.7 M): seis animales (a, b, c, d, e, f) que recibieron ABE para cubrir 0.7M                                 | T2 (dieta 1.2M): seis animales (g, h, i, j, k, l) que recibieron ABE para cubrir 1.2M | 28 d (23/07/03)<br>1ª muestra<br>28 d (22/08/06)<br>2ª muestra<br>28 d (22/09/06)<br>3ª muestra |
|                       | Periodo III  | Los 12 animales recibieron ABE para cubrir requerimiento de mantenimiento (dieta 1 M) (igualar condiciones corporales) |   | 28 días pesado y rasurado (21/10/03)  |
|                       | Periodo IV   | T2 (1.2 M): seis animales (a, b, c, d, e, f) que recibieron ABE para cubrir 1.2 M                                      | T1 (0.7M): seis animales (g, h, i, j, k, l) que recibieron ABE para cubrir 0.7 M      | 28 d (21/11/03)<br>1ª muestra<br>28 d (19/12/03)<br>2ª muestra<br>28 d (17/01/04)<br>3ª muestra |

**Cuadro 2. Ingredientes y composición nutricional del Alimento Base del Experimento (ABE).**

| Insumos           | (%)   |
|-------------------|-------|
| Afrecho de trigo  | 88.7  |
| Harina de pescado | 7.3   |
| Heno de alfalfa   | 3.6   |
| Sales minerales   | 0.4   |
| Total             | 100.0 |

  

| Composición Nutricional          | Base Seca (%) |
|----------------------------------|---------------|
| Proteína                         | 12.5          |
| Fibra                            | 17.1          |
| Extracto etéreo                  | 5.5           |
| Cenizas                          | 8.2           |
| Extracto libre de nitrógeno      | 56.7          |
| Energía metabolizable kcal/kg MS | 2589          |

### 3.3. Observaciones realizadas.

#### **Peso vivo.**

Los animales fueron pesados en ayunas a la misma hora (07:00 h), se usó una balanza tipo reloj con capacidad de 150 kg y una aproximación de 500 g acondicionada a un trípode.

#### **Producción de fibra.**

Se delimitó un cuadrante de 100 cm<sup>2</sup> sobre la parte media del costillar derecho, con el margen superior ubicado a 20 cm de la columna vertebral y el margen derecho sobre la última costilla, siguiendo la técnica descrita por Braga (1987) y Villarroel (1963). Las muestras de fibra sucia fueron pesadas para obtener el peso

de la fibra sucia. La fibra limpia fue obtenida por el pasaje en soluciones tibias (40 °C) de detergente, bicarbonato de soda y agua. Las muestras fueron desecadas en estufa a 100 °C por dos horas y luego acondicionadas en campanas desecadoras con silica gel, por espacio de 15 min. dentro de un ambiente controlado a 23 °C y 67% de humedad relativa. Inmediatamente después se registró el peso de la fibra limpia, siguiendo la técnica descrita por García *et al.* (2006).

### **Diámetro de fibra (D).**

Las muestras de fibra limpia, dentro del ambiente acondicionado, fueron cortadas con un micrómetro y montadas en láminas portaobjetos con bálsamo de Canadá. Después 48 h de su acondicionamiento se midió el diámetro de la fibra utilizando un lanómetro y el proceso estándar IWTO 8 –66 – E (1989).

### **Aporte de D(L).**

Esta variable se obtuvo del aumento del diámetro de la longitud incrementada de la fibra.

### **Longitud de fibra (L).**

La L de las muestras de fibra limpia fueron obtenidas con una regla milimetrada y las medidas fueron transformadas a micras ( $\mu$ ).

### **Relación longitud y diámetro (L/D).**

Esta relación se obtuvo a partir de las observaciones de L y D de la fibra, respectivamente.

### **Volumen de fibra.**

El volumen de la fibra se obtuvo utilizando la fórmula del cilindro de las observaciones de L y D de T1 (0.7 M) y T2 (1.2 M), respectivamente expresadas en micras ( $\mu$ ) ( $V = [\pi \cdot (r)^2 \cdot L] / 1000$ ).

### **Aporte de la L al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo utilizando el área circular derivada del D de T1 (0.7 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) expresado en micras ( $\mu$ ) ( $L = [\pi \cdot (r_1)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **Aporte del D al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo usando la diferencia de volúmenes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) menos el área circular derivada del D de T2 (1.2 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) expresado en micras ( $\mu$ ) ( $D(L) = [V_2 - V_1] - [(\pi \cdot r_2)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **Aporte del D(L) al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo utilizando el área circular derivada del D de T2 (1.2 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) y restando el aporte de L expresado en micras ( $\mu$ ) ( $D = [(\pi \cdot r_2)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000 - [(\pi \cdot r_1)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **3.4. Diseño estadístico.**

Se empleó un diseño de sobrecambio simple con dos periodos (Periodo I y Periodo II) y dos tratamientos (T1 y T2) con seis alpacas cada uno. El modelo matemático es como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + a_j + t_k + e_{ijk}.$$

Donde:

$\mu$  = media.

$p_i$  = periodo.

$a_j$  = animal.

$t_k$  = tratamiento.

$e_{ijk}$  = error.

### **3.5. Análisis de datos.**

El análisis de datos se realizó con ayuda del paquete estadístico SAS (1990). Las diferencias entre tratamientos fueron evaluadas mediante el cálculo del ANVA correspondiente y las pruebas de F respectivas. Adicionalmente se evaluaron las diferencias entre tratamientos dentro de subperiodos de 28 d para cada subperiodo.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Ganancia de peso vivo.**

El efecto de los tratamientos sobre el peso vivo se muestra en el Cuadro 3. Los animales del T1 (0.7 M) perdieron 40.1 g/d mientras que los animales del T2 (1.2 M) ganaron 51.7 g/d ( $P<0.05$ ) (Cuadro 2A).



Cuadro 3. ganancia de peso vivo, producción (g/100 cm<sup>2</sup>), longitud (L), diámetro (D), relación L/D y volumen de la fibra en los dos tratamientos.

| Variables   | Tratamientos        |                     |
|---|---------------------|---------------------|
|   | T1 (0.7 M)          | T2 (1.2 M)          |
| Ganancia de peso vivo, (g/d)                                      | -40.1 <sup>a</sup>  | 51.7 <sup>b</sup>   |
| Prod. de fibra limpia 0-12 sem, (g/100 cm <sup>2</sup> )          | 4.43 <sup>a</sup>   | 5.22 <sup>b</sup>   |
| Longitud de fibra (L), (μ/d)                                      | 294.7 <sup>a</sup>  | 319.6 <sup>b</sup>  |
| Diámetro de la fibra (D), (μ)                                     | 23.97 <sup>a</sup>  | 25.75 <sup>b</sup>  |
| Relación L / D  | 12.52 <sup>a</sup>  | 12.63 <sup>a</sup>  |
| Volumen x 10 <sup>-3</sup> ,(μ/d)                                 | 132.95 <sup>a</sup> | 162.79 <sup>b</sup> |
| Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05) |                     |                     |

#### 4.2. Producción de fibra limpia.

El rendimiento de fibra limpia en los dos tratamientos se muestran en el Cuadro 3; siendo superior en el T2 (1.2 M) (P<0.05) en un 17.8% en relación al T1 (0.7 M). Cuando se dividen los periodos II y IV de la fase experimental en subperiodos (subperiodo 1 de 0 a 28 d, subperiodo 2 de 29 a 56 d y subperiodo 3 de 57 a 84 d) (Cuadro 4 y 3A), se puede observar que la producción de fibra limpia empieza a diferenciarse en el subperiodo 2 en ambos tratamientos (P<0.05), siendo superior el T2 (1.2 M) en 29.3% y 25.2% con respecto al T1 (0.7 M) para los subperiodos 2 y 3 respectivamente. Con respecto a la producción de fibra entre subperiodos, ésta no es afectada por los tratamientos en el subperiodo 1, sin embargo en el T2

(1.2 M) la producción se incrementa al pasar del subperiodo 1 al subperiodo 2 (14%) y de este último al subperiodo 3 (32%). En el caso del T1 (0.7 M) se observa una disminución de la producción (12%) entre el subperiodo 1 y 2 y recuperándose luego al pasar al subperiodo 3.

Cuadro 4. Producción de fibra limpia en los dos tratamientos (g/100 cm<sup>2</sup>).

|                |         | Tratamientos      |                   |
|----------------|---------|-------------------|-------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)        | T2 (1.2 M)        |
| 1              | 0 – 28  | 1.51 <sup>a</sup> | 1.51 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 1.33 <sup>a</sup> | 1.72 <sup>b</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 1.59 <sup>a</sup> | 1.99 <sup>b</sup> |
| 1 – 3          | 0 – 84  | 4.43 <sup>a</sup> | 5.22 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05)

#### 4.3. Longitud (L) de fibra.

El efecto de los tratamientos sobre la L se muestra en el Cuadro 3, existiendo una mayor (P<0.05) longitud (8.5%) del T2 (1.2 M) con respecto al T1 (0.7 M). al realizar el análisis por subperiodos (Cuadro 5 y 4A) sólo se encuentra diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos en el subperiodo 2. así mismo, en el T2 (1.2 M) no se observa diferencia entre subperiodos, mientras que en el T1 (0.7 M) al igual que para la producción de fibra se observa una reducción de la longitud (-6.8%) al pasar del subperiodo 1 al subperiodo 2 recuperándose luego al pasar al subperiodo 3.

Cuadro 5. longitud de fibra limpia en los dos tratamientos ( $\mu/d$ ).

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 299.2 <sup>a</sup> | 311.4 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 278.9 <sup>a</sup> | 321.9 <sup>b</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 305.8 <sup>a</sup> | 324.2 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 294.6 <sup>a</sup> | 319.6 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### 4.4. Diámetro (D) de fibra.

El efecto de los tratamientos sobre D se muestra en el Cuadro 3. el D es mayor ( $P < 0.05$ ) en un 7.4% en el T2 (1.2 M) con respecto al T1 (0.7 M). Cuando se analizan por subperiodos (Cuadro 6 y 5A), se observa que mientras en el T1 (0.7 M) el D se mantiene constante ( $\pm 24\mu$ ), en el T2 (1.2 M) el D aumenta en 13.8% y 19.4% al comparar subperiodos 2 y 3 con el subperiodo 1, respectivamente.

Cuadro 6. Diámetro de fibra limpia en los dos tratamientos ( $\mu$ ).

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 23.89 <sup>a</sup> | 23.18 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 24.09 <sup>a</sup> | 26.37 <sup>a</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 23.94 <sup>a</sup> | 27.70 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 23.97 <sup>a</sup> | 25.75 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### 4.5. Relación de longitud y diámetro de fibra (L/D)

los resultados de la relación L/D se muestran en los Cuadros 3, 7 y 6A. La relación en líneas generales se mantiene constante debido a que el efecto del tratamiento produjo similares variaciones en ambas variables

Cuadro 7. Relación L/D en los dos tratamientos.

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 12.81 <sup>a</sup> | 13.54 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 11.80 <sup>a</sup> | 12.45 <sup>a</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 12.96 <sup>a</sup> | 12.03 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 12.52 <sup>a</sup> | 12.67 <sup>a</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### **4.6. Volumen y aportes de L, D y D(L) a su incremento.**

El incremento de volumen se muestra en el Cuadro 8. el volumen del T2 (1.2 M) fue 22.4% superior al T1 (0.7 M). Al análisis por subperiodos se observa que en el subperiodo 1 el volumen no aumenta, pero en los subperiodos 2 y 3 el volumen si aumenta aproximadamente en un 40%. Los aportes de la L, D y D(L) en el incremento de volumen producidos al pasar del T1 (0.7 M) al T2 (1.2 M) son mostrados en el Cuadro 8, en este cuadro se observa que el aporte del D (68.6%) fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el aporte de la L (27.2%) y del D(L) (4.2%). Al análisis por subperiodos se observa que el aporte de la L y D, al pasar del subperiodo 2 al 3 disminuye y aumenta en 25.8 y 28.9 unidades, respectivamente. Por otro lado, el aporte del D(L) disminuye en 3.1 unidades.



## **V. DISCUSIÓN**

Las ganancias de peso halladas en el presente trabajo (Cuadro 3) son inferiores a las obtenidas por Russel y Reden (1997) quienes sometiendo a los animales a consumos para cubrir 0.7 y el doble de los requerimientos de mantenimiento encontraron ganancias de peso de -69.1 y 70.3 g/d, respectivamente. Estas diferencias se explicarían al nivel de la alimentación usada en ambos experimentos, así como a la edad de los animales usados. En este experimento los animales fueron jóvenes (3 a 5 años) y tenían un peso promedio de 59.6 kg (Cuadro 1A) mientras que los animales del experimento de Russel y Reden (1997) los animales fueron adultos con un peso promedio de 73.7 kg.

Con respecto a la producción de fibra limpia (Cuadro 3) los resultados coinciden con los hallados por otros autores tanto en alpacas (Wuliji, 1993; Newman y

Paterson, 1994; Russel y Redden, 1997; Bustinza, 2001; García *et al.*, 2006) como en ovinos (Ryder y Stephenson, 1968; Downes, 1971; Downes y Sharry, 1971; Henderson, 1980; Hynd y Masters 2002) y cabras (Shahjalal *et al.*, 1992).

Al analizar los resultados por subperiodos (Cuadro 4) el efecto del T1 (0.7 M) es notoria la disminución de producción de fibra entre los subperiodos 1 y 2, sin embargo, logran una ligera recuperación en el subperiodo 3, tal vez debido a que los animales se adaptan a las condiciones de restricción nutricional y movilizan nutrientes de otros tejidos corporales a la lana (Doyle y Egan, 1983). En el T2 (1.2 M) el incremento del subperiodo 1 al 2 y de éste al 3, coincide con lo reportado en cabras (Shahjalal *et al.*, 1992). El hecho de no encontrar recuperación al primer mes (subperiodo 1) en los animales del T2 (1.2 M) se debe a que los cambios de la masa folicular son inicialmente más lentos por la competencia de nutrientes con otros tejidos que tienen mayores demandas de nutrientes (músculo e intestinos) (Liu *et al.*, 1998; Adams *et al.*, 2000). Esto supondría que una recuperación de la producción de la fibra luego de un periodo de restricción alimenticia sólo se lograría después del primer mes de la realimentación o mejora de consumo de nutrientes. Por otro lado, se conoce que esta recuperación de la producción de fibra no contempla el fenómeno del crecimiento compensatorio o el aumento de la tasa de crecimiento de la lana como ocurre con la ganancia de peso (Butler-Hogg, 1984).

Con respecto a la L de fibra (Cuadros 3 y 5) los datos hallados coinciden con los de Russel y Redden (1997). Sin embargo, la L obtenida por estos autores fue mayor a los obtenidos en este experimento. Cuando se analizan los resultados



por subperiodos la tendencia es muy similar a la descrita para la producción de fibra limpia, la L de fibra está relacionada, además del tamaño de bulbo folicular, a la longitud de las células corticales y a la proporción de las células que ingresan a la propia fibra (Hynd, 1994; Hynd y Masters, 2002).

Con respecto al D de fibra (Cuadros 3 y 6), en promedio éste fue menor ( $24.9 \mu$ ) a los del experimento de Russel y Redden (1997) ( $31.8 \mu$ ). Estos autores obtuvieron un incremento de  $0.7 \mu$  al pasar del tratamiento 0.7 M al 2.0 M, comparado con  $1.78 \mu$  en el presente experimento. Estas diferencias en los resultados se deberían a que Russel y Redden (1997) trabajaron con animales adultos mientras que en este experimento se usaron animales jóvenes. Está demostrado que animales adultos en toda época producen fibra de mayor D y que el D se incrementa con la edad (Calderón y Pumayala, 1981; Bustinza *et al.*, 1985; Couchman, 1992; Bustinza, 2001; Davis, 2001). Al análisis por subperiodos, el D así como la L, empiezan a diferenciarse por efecto de una mejor nutrición (T2 (1.2 M)) a partir del subperiodo 2.

La relación L/D en el presente trabajo (Cuadros 3 y 7) se mantuvo constante, coincidiendo con lo encontrado por Reis y Sahlu (1994), quienes trabajando en ovinos Merino suplementados con aminoácidos al abomaso, obtuvieron incrementos del 15 al 50 % tanto en la L como en el D; pero, la relación L/D se mantuvo constante. También coincide con los trabajos de Downes (1971) y Downes y Sharry (1971), quienes manipulando la nutrición en ovinos de raza Merino y Corriedale, incrementaron cuatro veces el crecimiento de la lana; pero

difieren de los trabajos de Sahlu y Fernández (1992) con ovinos Romney y de Sahlu *et al.* (1992) en cabras Angora.

El incremento de volumen (Cuadro 8) fue muy similar al reportado por Russel y Redden (1997); sin embargo, al calcular siguiendo la metodología descrita por Reis (1992b) la contribución de la L, el D y del D(L) en el incremento del volumen los resultados del presente trabajo contradicen lo hallado por Russel y Redden (1997), quienes encontraron que la contribución de L, D y D(L) fueron de 78.8, 17.9 y 3.3 %, respectivamente, observándose que la mayor contribución en el volumen de la fibra estuvo dada por el incremento de L y no por D y D(L), a diferencia de este experimento en que la mayor contribución estuvo dada por el D (68.7 %) seguida por la L (27.2 %) y la D(L) (4.2 %).

A pesar de las diferencias con los resultados de Russel y Redden (1997), los resultados hallados en este experimento concuerdan con los obtenidos por Reis (1992a y b), quien registró que cuando el crecimiento de la lana se duplicó por la infusión abomasal de aminoácidos en ovinos de raza Merino las contribuciones de L, D y D(L) fueron del 25.4, 53.6 y 21% respectivamente. Así mismo, coinciden con los hallados por Hynd y Masters (2002), los cuales muestran que al mejorar la nutrición en ovinos de raza Merino, el incremento de volumen fue de 64.7 % y la mayor contribución a este incremento fue dada por el D (57.6 %), seguida por la L (30.9 %) y la D(L) (11.5 %), indicando que el D hizo una contribución mucho mayor. Lo que sugiere que la contribución al incremento de volumen de la fibra en alpacas sería muy similar al del ovino Merino.

Si bien este experimento no fue diseñado para estudiar los requerimientos de energía para mantenimiento; sin embargo, debido a que en el presente ensayo se registraron los consumos energéticos que determinaron pérdidas y ganancias de peso fue posible estimar por regresión estos requerimientos.

El requerimiento de mantenimiento estimado fue de 105.9 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ , superior a los reportados por Engelhardt y Schneider (1977) 61.19 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  y por Carmean *et al.* (1992) 84.5 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  en llamas y por Newman y Paterson (1994) 65.97 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  en alpacas, e iguales a los hallados por Russel y Redden (1997) 105.2 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  también en alpacas. Los requerimientos de EM para mantenimiento estimados en el presente trabajo son similares a los que se dan para otros rumiantes como el ovino (99.9 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ) y el caprino (101.4 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ) pero inferiores a los del vacuno (133 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ). Estos resultados indicarían que los requerimientos energéticos de los CSA, en condiciones óptimas de crianza, son similares a la de los rumiantes menores. Sin embargo estas comparaciones deben tomarse con precaución, debido a la poca precisión de la regresión de ganancia de peso sobre energía metabolizable.

Siguiendo las pautas señaladas por San Martín (1991) para calcular los requerimientos de los CSA y considerando como tipo un animal adulto de 60 kg, con un consumo del 2 % en relación al peso vivo (1.2 kg MS) y un requerimiento por actividad física por pastoreo estimado en 15 % sobre el requerimiento base, la concentración de EM Mcal /kg MS requerida en el alimento es de 2.19; de ED, Mcal /kg MS de 2.67 ( $2.19/0.82$ ) y de NDT del 60.7% ( $(ED \times 100) / 4.4$ ).

## **VI. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se concluye:

- Los niveles alimenticios en la alpaca influyen tanto en la producción como en el volumen de la fibra.
- El aporte del diámetro en el incremento del volumen de la fibra resultante es mayor que el aporte de la longitud.
- La respuesta negativa o positiva del aumento de fibra debido a niveles de alimentación se produce o detecta a partir del segundo subperiodo disminuyendo en el animal alimentando con 0.7 M y aumenta en el animal alimentado con 1.2 M.

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. **Adams N.; S. Liu y D. Masters. 2000.** Regulation of protein synthesis of wool growth in ruminat physiology Ed. Conjé. CAB International 225-272.
2. **Aedo, R.; R. Martinez y O. Urquizo. 1985.** Correlaciones entre peso vivo, edad y peso de vellón en alpacas Huacaya y Suri en V Conv. Int. Sobre CSA Cusco Perú.
3. **Agramonte M.V. 1988.** Incremento del peso corporal de crías y ritmo de crecimiento de la fibra de alpacas en dos sistemas de producción. Tesis Fac. de Agro. y Zoot. Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco. Perú.
4. **Ampuero, E. y R. Aedo. 1985.** Algunas variables que inciden en la producción de fibra de alpaca de alpaca macho. en V Con. Int. Sobre CSA. Cusco Perú pp 75.
5. **Apaza, E., E. Barcena y V. Ibáñez. 1987.** Biometría del Crecimiento de la Alpaca desde el Nacimiento a los Doce Meses de Edad. Rev. Allpak'a Puno Perú 43-52.
6. **Black, J. 1987.** Mechanisms controlling the rate of growth, composition and morfology of wool Merino improvement program in Australia. In. (Ed) B.J. McGuirk.. Australia pp 457.
7. **Braga, W. 1987.** El Efecto de la Altitud en la Producción de Fibra de la Alpaca (*Lama pacos*). Tesis Med. Vet. Univ. Nac. Mayor de San Marcos Lima Perú.
8. **Bustinza, A.V. 1983.** Informe final del proyecto de la piel de alpaca Univ. Nac. del altiplano (UNA) IIDSA. Puno.
9. **Bustinza, A.V. 1991.** Mejoramiento Genético. En producción de Rumiantes Menores: Alpacas. Florez A. y Novoa C. Ed. RERUMEN Lima Perú. pp 113-126.
10. **Bustinza, A.V. 2001.** La Alpaca, Conocimiento del Gran Potencial Andino Edit. Univ. Nac. del Altiplano, Puno, Perú.
11. **Bustinza, A.V., R.Sapana y G. Medina. 1985.** Crecimiento de la Fibra de Alpaca Durante el Año. in. mem. Proyecto Piel de Alpaca, informe final. Univ. Nac. Del Altiplano Puno Perú. Pp. 115-120.

12. **Butler-Hogg, B.W.** 1984. Growth patterns in sheep: Wool growth during weight loss and subsequent compensatory growth. *Journal of Agricultural Science. Cambridge* 102, 105-109.
13. **Calderón, A. y A. Pumayala.** 1981. Efectos de la edad sobre la longitud de la mecha, peso de vellón y peso vivo en alpacas Huacaya. *Res. de la IV Reunión Cient. APPA ayacucho Perú* pp 3.
14. **Carmean, B.; K. Johnson y D. Johnson.** 1992. Maintenance energy requierment of llamas. *Am. J. Vet. Res.* 53: 1696-1698.
15. **Carpio, M y L. Arana.** 1975. variación del Diámetro de Fibra en el Vellón de las Alpacas de Huancavelica. *Anales Científicos UNALM, Lima, Perú.* 13 (1-2):79-82.
16. **Ccopa, V.** 1980. Peso vivo, peso de vellón y rendimiento de vellón en alpacas. *Tesis. Med. Vet. Uni. Nac. del altiplano Puno Perú.* pp 62.
17. **Clarke, W. H. And I. D. Smith.** 1975. A preliminary evaluation of mohair prouction and the potential of angora goats in three eastern states. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 41:220.
18. **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)** 2006. doc. de trabajo PROCAM.
19. **Condorena, N.** 1980. Algunos índices de producción de la alpaca, bajo el sistema de esquila anual establecido en la raya. *Rev. Inv. Pec. IVITA Univ. Nac. Mayor de San Marcos.* 5(1):50-54.
20. **Corbett, J.L.** 1979. Variation in wool growth with physiological state. In *physiological and environmental limitations to wool growth* Ed. J Black y P. Reis. UNE Publishing. Australia
21. **Couchman, R.C.** 1992. Base Levels for Fiber Production. *Llama Life Rev.* 21-32.
22. **Chambilla, V.** 1983. Estructura histológica de la piel de llama (*lama glama*). *Tesis MVZ Fac. Med. Vet. y Zoot. Univ. Nac. del altiplano Puno-Perú.*
23. **Davis, G.H.** 2001. Some Factors Affecting Fiber Production in Alpacas. *Proceding AAA (NZ) Conference, 1-2 September. Christchurch New Zealand.* pp 1-20.
24. **Downes, A. M.** 1971. Variation in wool length and diameter with sheeep nutrition. *Appl. Polymer Symposium* 18, 895-904.

25. **Downes, A. M. and L. F. Sharry. 1971.** Measurement of wool growth and its response to nutritional changes. *Aust. J. Biol. Sci.* 24:117..
26. **Doyle, P. y J. Egan. 1983.** the utilization of nitrogen and sulfur by weaner and mature sheep. *Aust. J. of Agric. Res.* 34: 433-439.
27. **Engelhard, W. y W. Schneider. 1977.** Energy and nitrogen metabolism in the llama. *An. Res. and Develop.* 5:68-72.
28. **Ferguson, K. 1956.** The efficiency of wool growth. *Aust. Soc. Anim.* 1:58-62.
29. **Fernessy, P.; J. McEwan; E. Lord; G. Greer; W. Bain; P. Jonhstone; M. Knowler; R. Dalrymple y D. Ingle. 1990.** Effect of cimanterol implants on lamb growth and carcass traits *New Zealand J. Agric. Res.* 33:413-427.
30. **Florez, A., F.C. Bryant, E. Malpartida, J. Gamarra y J. Arias. 1986.** comparación de los sistemas de pastoreo continuo y rotativo con ovinos en praderas nativas altoandinas. *Texas tech. Univ. and Univ. Agrar. La Molina.* Rep. Tec. N°. 81.
31. **Fraser, A. S. y B.F. Short. 1965.** The Biology of the Fleece *Anim. Research Lab. Tech. Paper N° 3. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Melbourn Australia* 3:1-108.
32. **Fratini, A.; B. Powell; P.I. Hynd; R. Cough y G. Rogers. 1994.** Dietary cystine regulates the level of mRNAs encoding a family of cysteine rich proteins of wool.
33. **Gaitan, M. 1967.** Estudio preliminar de los folículos pilosos en alpacas variedad Huacaya. Tesis Ing. Zoot. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima Perú. 31 p.
34. **García, W. 2005.** Evaluación y estudio de las principales características textiles de la fibra en alpacas blancas. Monografía.
35. **García, W.; J. Olazábal; F. Franco y A. Salazar. 2006.** Variación de la finura y crecimiento de la fibra en alpacas Suris en función a la edad y época. *II Simposium Int. de investigaciones sobre CSA Arequipa Perú* pp 177-183.
36. **Glick, B.R. y J.J. Pasternack. 1998.** *Molecular Biotechnology*, 2<sup>nd</sup>. Edition ASM press, Washington, DC, pp 33-35.
37. **Hardy, H. y A., Lyne. 1956.** The prenatal development of wool follicles in merino sheep. *Aust. F. Biol. Sci.*

38. **Henderson, A.E. 1980.** Nutrition and Quantitative Wool Growth New Zealand. Lincoln College Univ. pp 22.
39. **Henderson, E. 1953** Fleece Development and Wool Growth on the Romney Lamb. J. Agric. Sci. Camb. 43:12-53.
40. **Henderson, M. y J. Sabine. 1991.** Secondary follicles development in australian cashmere goats small ruminant Res. 4:349-363.
41. **Hoffman, E. 1998.** Fiber as a Transitory Medium: Factors Affecting a Histogram. The Alpaca Registry Journal 3:29-36, Winter – Spring 1998.
42. **Hoffman, E. 2002.** The Complete Alpaca Book. Bonny Doon Press. Santa Cruz California USA.
43. **Hogan, J.; N. Elliott; y A. Hugues. 1979.** Maximum wool growth rates expected from australian merino genotypes. In. (Ed) J. Black y P. Reis. Physiological and environmental limitations to wool growth. Univ. New England Pub. Australia pp. 43-71.
44. **Hutchinson, J. 1965.** Photoperiodic control of the annual rhythm of wool growth. In Biolog. of the skin and the hair growth (eds) Lyne y Short. pp 565-564. Sydney Australia.
45. **Hynd, P.I. 1994.** follicular determinants of the length / diameter ratio at two levels of nutrition. Aust. J. of Agric. Res. 45:1137-1147.
46. **Hynd, P.I. y D. G. Masters. 2002.** Nutrition and Wool Growth In Sheep Nutrition Eds. Freer M. and H. Dove. CAB International 165-185.
47. **Hynd, P.I. y R. James. 1987.** The effect of the trenbolone acetate and trenbolone acetate plus oestradiol 17  $\beta$  on wool growth. J. Agric. Sci. Cambridge 108, 501-503.
48. **International Wool Textile Organisation. 1989.** Specifications IWTO-8-89(E). International Wool Secretariat, Ilkley, UK.
49. **Johnsson, I.; C. Hart y Butler-Hog. 1985.** The effects of exogenous bovine growth hormone and bromocryptine on growth, body development in female lambs. Anim. Prod. 41: 207-217.
50. **Larose, P. y Tweedie. 1938.** The Influence of Nutritional and Climatic Factors on Wool Growth and Quality. Il Canad. J. Rev. 16:166-173.
51. **Leyva, V. 1996.** Variación estacional en el crecimiento de la fibra de alpacas vacías, preñadas y lactantes. XIX Reunión científica APPA Cusco, Perú.



52. **Liu, S. y D. Masters. 2003.** Amino acid utilization for wool production. In amino acids un animal nutrition (Ed) D'Mello. CAB International.
53. **Liu, S.; G. Mata; M. O'Donoghue y D. Masters. 1998.** The influence of live weight, live weight change and diet on protein synthesis in the skin and skeletal muscle in young merino sheep. *Brit. J. Nut.* 79:267-274.
54. **Masters, D. y G. Mata. 1996.** Responses to feeding canola meal or lupin seed to pregnant, lactating and dry ewes. *Aust. J. of Agric. Res.* 47:1291-1303.
55. **Newman, S.A. y D. Paterson. 1994.** Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas. *Proc. of New Zealand Society of Anim. Prod.* 54: 147-150.
56. **Qi, K., C. D. Lu, F. N. Owens, and C. J. Lupton. 1992.** Sulfate supplementation of angora goats: metabolic and mohair responses. *J. Anim. Sci.* 70: 2828-2837.
57. **Reis, P.J. 1979.** Effects of amino acids on the growth and proprieties of wool. In. (Ed) J. Black y P. Reis. *Physiological and environmental limitation to wool growth.* Pp 223.
58. **Reis, P.J. 1989.** The influence of absorbed nutrients on wool growth. In (Eds) G. Rogers; P. Reis; K. Ward y R. Marshall. *The Biology of wool and hair.* pp 185.
59. **Reis, P.J. 1992a.** Variations in the strength of wool fibres – a review. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1337.
60. **Reis, P.J. 1992b.** Lenght growth and diameter relationships of merino wool fibres. *Wool Technol. Sheep Breed.* 40(2):52.
61. **Reis, P.J.; D. Tunks y G. Munro. 1992.** Effects of abomasal protein and energy suply on wool growth in merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1353.
62. **Reis, P.J. y T. Sahlu. 1994.** The Nutritional control of the Growth and Properties of Mohair and Wool Fibers: A Comparative Review *J. Anim. Sci.* 72:1899-1907.
63. **Restall J. y Pattie C. 1989.** The inheritance of cashmere in australian goats I. Characteristics of the base population and the effects of environmental factors. *Livestock Prod. Sci.* 21:157-172.
64. **Rogers, M. 1959.** Electronic microscope studies of hair and wool. *Anm. N.Y. Acad. Sci.* 83: 378-399.

65. **Roque, J. ; M. Carpio y F. Blackwell. 1985.** Trasmisión hereditaria de peso vivo y longitud de mecha en alpacas. In Res. V Conv. Int. CSA Cusco Perú.
66. **Ruelas, J. 1985.** Selección de reproductores machos Huacaya en base a correlaciones en V conv. Int. CSA Cusco Perú pp 69.
67. **Ruiz de Castilla, M. 2004.** Genética y Mejoramiento de los Animales Domésticos. Edit. Universitaria Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco Perú. pp. 286.
68. **Russel A.J.F. 1992.** Fibre Production from Sheeps and Goats. In progress in sheeps and goats research (ed. A.W. Speedy). Pp 235-256 OxforShire United Kingdownm pp 235-256.
69. **Russel, A.J.F. y H.L. Redden. 1997.** The Effect of Nutrition on Fibre Growth in the Alpaca. Anim. Sci. J. 64: 509-512.
70. **Ryder, M.L. y S.K. Stephenson 1968.** Fleece Variation Owing to Nutritional Change in Wool Growth. Academic Press. London – New York. pp 562-587.
71. **Sahlu, T. y J. M. Fernandez. 1992.** Effect of intraperitoneal administration of lysine and methionine on mohair yiel and quality in angora goats. J. Anim. Sci. 70:3188.
72. **Sahlu, T., J. M. Fernandez, C. D. Lu and Manning. 1992.** Dietary protein level and ruminal degradability for mohair production in angora goats. J. Anim. Sci. 70:1526.
73. **San Martín, F. 1991.** Nutrición y alimentación en alpacas y llamas. En: Producción de rumiantes menores. Editor C. Novoa. Programa de apoyo en la investigación – Rumiantes menores.
74. **San Martín, F. 1996.** Nutrición en alpacas y llamas. Fondo contravalor Perú-Suiza, CISA/IVITA, Fac. Med. Vet., Univ. Nac. Mayor San Marcos Pub. Cient. IVITA N° 27:28.
75. **SAS. 1990.** SAS/STAT User's Guide. Version 6. 4<sup>th</sup> ed. SAS Institute.
76. **Shahjalal, M.; H. Galbrait y J. Topps. 1992.** The effect of changes in dietary protein and energy on growth, body composition and mohair fibre characteristics of british angora goats. Anim. Prod. 54:405.
77. **Smuts, M. 1999.** Cashmere production in South Africa and abroad. Anim. Nut. and Prod. Inst. (ANPI) ARC-All, Irene, South Africa.

78. **Sosa, C. 2006.** determinación de los receptores para prolactina en células epiteliales de folículos pilosos primarios y secundarios de piel de alpaca (*Lama pacos*), mediante inmunohistoquímica. Tesis Med. Vet. Univ. Nac. Mayor de San Marcos Lima Perú.
79. **Southcott, J. y L. Royal. 1971.** Effect of implanted testosterone propionate on the growth and wool production of merino wethers. Aust. J. of Agric. Res. 22: 271-282.
80. **Sumar, J. 2005.** What makes a champion.  
<http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/Champion.aspx>
81. **Sumner, R.M.W. y M.L. Bigham. 1993.** Biology of Fibre Growth and Possible Genetic and Non-Genetic means of Influencing fibre growth in sheep and goats- a review. Livestock Production Science 33: 1-29.
82. **Thompson, A.N. 1998.** Intrinsic strength of wool fibres. PhD Thesis, Adelaide Univ. Australia.
83. **Toyofuku, N. 1985.** correlaciones entre peso vivo, longitud del cuerpo, perímetro torácico y alzada, con características del vellón en alpacas variedad Huacaya. Tesis Ing. Zoot. Univ. Nac. Agra. La Molina Lima Perú pp 23-24; 38-41.
84. **Velarde, N.; G. Mamani y V. Bustinza. 1998.** Efecto de la edad sobre la producción de carne y piel en alpacas machos de la raza Huacaya. X reunión cient. Anual APPA Puno pp 15.
85. **Velasco, J. 1978.** Pesos corporales y pesos de vellón de primera esquila en alpacas. Ann. Reunión Aso. Latin. Prod. Anim. Lima.
86. **Villarroel, J. 1963.** Un Estudio de la Fibra de Alpaca. An. Cient. Univ. Nac. Agrar. La Molina Lima Perú 3: 247-273.
87. **Villarroel, J. 1991.** Las fibras. En: Avances y perspectivas del conocimiento de los CSA Edi. Fernández Baca Fao Santiago Chile 363 - 386.
88. **Wallace, A. 1979.** The effect of hormones on wool growth. In: (Ed) Black J. y P. Reis Physiological and environmental limitations to wool growth. Univ. of New England Pub. Unit. Armidale, New South Wales, 257-268.
89. **Williams, J. 1995.** Wool growth. In. (Ed) Cotlee. Australian sheep and wool handbook. Inkata press. Melbourne Australia pp 224-242.

90. **Woods, J. y D. Orwin. 1988.** Seasonal variations in the dimensions of individual Romney wool fibres determined by a rapid autoradiographic technique New Zealand J. Agric. Res. 31:311.
91. **Wuliji, T. 1993.** alpaca fiber production, fiber growth seasonality and fiber characteristics variation in a cool-temperate environment of new zeland. Proc. The XVII Int. Grassl. Congr., 1494-1495.
92. **Wuliji, T., G.H. Davis, K.G. Dodds, P.R. Turner, R.N. Andrews and G.D. Bruce. 2000.** Production, Preformance, Repeatability Estimates for Live Weight and Fibre Characteristics of Alpacas in New Zealand. Small Rumin. Rev. 37:189-201.
93. **Wynn, P.; A. Wallace; A. Kirby y E. Annison. 1988.** Effects of growth hormone administration on wool growth in merino sheep. Aust. J. of Biol. Sci. 41: 177-187.
94. **Yi, P. 1995.** The prenatal development of the fibre follicle in alpaca (*Lama pacos*) Fine Fibre News 5:27-32.

## **APÉNDICES**

## **I. INTRODUCCIÓN**

La población de los Camélidos Sudamericanos (CSA) en el Perú es de aproximadamente 4 313 381, representando el 56% de la población mundial de CSA. En alpacas, el Perú cuenta con 3 026 087 animales los cuales representan 87% de la población mundial, siguiéndole Bolivia y Chile con el 9% y 0.9%, respectivamente (Bustinza, 2001).

Las alpacas en el territorio peruano producen 91% de la producción mundial de fibra de esta especie (Villarroel, 1991). En el Perú, 90% de las alpacas y la totalidad de las llamas se encuentran en manos de pequeños criadores (CONCYTEC, 2006). Se estima que en los Andes Sudamericanos unas 150 000 familias están involucradas en las diferentes etapas de la producción,

comercialización y procesamiento de la fibra de CSA y de otros productos derivados de su crianza (Hoffman, 2002).

El principal objetivo de la crianza de alpacas es la producción de fibra cuyas características de finura, elasticidad, resistencia, uniformidad, lustre, entre otras; le ha permitido ganar un sustancial mercado en el extranjero. Sin embargo, a pesar de tener un importante y creciente mercado, la producción de vellón es muy baja (1.6 kg por animal; E. Franco, 2004 comunicación personal), siendo necesario implementar efectivos programas genéticos y de manejo para incrementar esta productividad.

Muchos factores afectan la producción y la calidad de la fibra en alpacas; así tenemos el factor ambiental (estación, fotoperiodo, temperatura, altitud); el genético (individuo, raza, edad) y el hormonal y fisiológico (lactancia, preñez). En nuestro medio uno de los factores importantes que afectan el rendimiento de fibra es el estado de subnutrición en ciertos periodos del año. Así, las praderas, base de la alimentación de los CSA, presentan al inicio del periodo de lluvias deficiencia de energía, al inicio del periodo seco deficiencia de proteína y, en la época seca propiamente dicha, deficiencia de energía y proteína (San Martín, 1996). Estos periodos de subnutrición son seguidos por periodos de relativa abundancia de alimento los cuales ejercen un efecto marcado sobre la producción y calidad de la fibra.

Las investigaciones acerca del efecto de la nutrición sobre el crecimiento y calidad de la fibra en alpacas son escasas. Agramonte (1988), comparando rebaños

alimentados en pastos cultivados y en praderas, observó una mayor producción y mayor diámetro de fibra en los animales alimentados en pasturas cultivadas. Russel y Redden (1997), sometiendo a un mismo grupo de alpacas a dos regímenes nutricionales, uno a un nivel de submantenimiento (0.7M) y el otro a un nivel de sobremantenimiento (2M), encontraron que la alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de cambios en el largo de la fibra que en el diámetro; en contraste con lo hallado en ovinos (Reis y Sahlu, 1994). Las contradicciones de los resultados en los pocos estudios realizados para medir el efecto de la nutrición sobre la fibra de las alpacas conllevó a plantear este trabajo cuyo propósito es dilucidar el efecto de dos niveles nutricionales contrastantes sobre el rendimiento y calidad de la fibra.



## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Estructura de la piel y folículos pilosos en alpacas.**

La estructura de la piel en alpacas es similar a la de otros mamíferos (Gaitan, 1967) estando formada por tres capas bien definidas: la epidermis, capa delgada externa; la dermis, capa gruesa interna y la hipodermis, capa grasa (Chambilla, 1983; Bustinza, 2001). La epidermis está formada por un epitelio estratificado, plano y queratinizado y contiene cuatro estratos. El estrato Córneo es el más superficial y está formado por escamas córneas llenas de queratina. El estrato Granuloso está formado por una sola capa de células planas, con citoplasma plegado a la superficie y con presencia de granos de queratohialina, los cuales posiblemente participan en la formación de queratina. El estrato Espinoso, el cual

presenta células poliédricas y generalmente forma tres capas, presentando núcleos algo picnóticos: las células superficiales, aplanadas y las profundas, poliédricas. Por último, el estrato Germinativo o Basal, con células cúbicas en algunas zonas y en otras de aspecto cilíndrico. También pueden encontrarse células aplanadas los cuales descansan sobre una fina capa celular, algo brillante. En esta capa, la raza Suri presenta menos grasa que la Huacaya. Esta capa es más delgada en la alpaca que en otras especies (Bustinza, 2001).

La dermis está compuesta principalmente de tejido conectivo, conteniendo fibras de colágeno; es bastante gruesa y en su lecho se encuentran folículos pilosos, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas y músculo erector del pelo. La dermis se divide en dos capas. La dermis superficial delgada, caracterizada por la presencia de tejido conectivo laxo, con un número considerable de células conjuntivas o fibrositos, por lo que toma el nombre de “lámina propia”, esta capa se hace progresivamente densa hacia la parte profunda, formando líneas y tabiques que separan los “nidos foliculares”. Por otro lado, tenemos a la dermis profunda, formada por tejido conectivo denso, cuyas fibras colágenas se presentan en haces gruesos, desordenados, con tendencia a orientarse paralelamente a la superficie de la piel. Es en esta zona donde se presentan los bulbos pilosos (Bustinza, 2001). El límite entre la epidermis y dermis es bastante liso y no se distinguen con claridad los clavos interpapilares descritos para otros tipos de piel (Bustinza, 2001).

En la dermis se hallan los capilares sanguíneos los cuales forman grupos tortuosos alrededor de los grupos foliculares. En CSA éstos superan en cantidad

a los ovinos y cerdos. Los paquetes de capilares en la raza Huacaya no llegan a acercarse a los grupos foliculares sino que terminan a cierta distancia, por lo que el suministro de sustancias necesarias para éstos sería por difusión a través del tejido conectivo. Mientras que en la raza Suri, estos paquetes capilares son más abundantes y se acercan más a los grupos foliculares. Lo anterior lleva a especular que la piel de las alpacas Suri es semejante a la de los animales de climas calurosos, lo que es reforzado por la característica de su vellón abierto y su menor resistencia a las condiciones de las zonas altas (Bustinza, 2001).

Por último, se tiene la hipodermis que es una capa de la piel de CSA formada por tejido conectivo laxo, cuya función es fijar la dermis a los huesos o músculos y cuya principal característica es la presencia de un alto número de células adiposas (Bustinza, 2001).

La fibra en formación se halla rodeada por una estructura denominada folículo piloso. Estos folículos cubren casi todo el espesor de la dermis. El folículo presenta en su base un ensanchamiento que constituye el bulbo piloso, el cual presenta una papila de tejido conectivo con varios capilares. Esta papila invagina profundamente al bulbo formando un área bastante notoria. El bulbo limita con este tejido capilar de la papila por medio de una capa de células alargadas en las que se observan figuras mitóticas.

Los folículos de la alpaca por su distribución se clasifican en dos clases: Simples y Compuestos. Los folículos simples contienen una sola fibra, con diámetro bastante grueso, cuya médula es infalible y están acompañados de una glándula

sudorípara, que en algunos casos puede desembocar al folículo o , en otros, emerger libremente y han sido definidos como folículos primarios solitarios. Los folículos compuestos están formados por varios folículos de diferentes tipos y grosores, rodeados por tejido conectivo denso. Estos folículos se compactan y en la zona superficial se fusionan unos con otros y su emergencia es única. Este folículo compuesto toma el nombre de nido folicular, con un folículo primario y varios secundarios. El folículo primario (FP) es el más grande y de mayor diámetro y está relacionado con la glándula sebácea, la glándula sudorípara y el músculo erector. El FP no está rodeado completamente por folículos secundarios (FS) sino que se localiza a un lado de ellos. Los FS son de menor diámetro y con frecuencia van acompañados de glándulas sudoríparas (Bustinza, 2001).

En ovejas, los FP y FS se forman durante el desarrollo prenatal. El desarrollo del FP es una invaginación de la epidermis formada entre los 50 y 60 días después de la concepción. Entre los días 90 a 100 de gestación están produciendo una fibra (Hynd y Masters, 2002). Existen dos tipos de FS; los denominados folículos secundarios originales (FSO) que, como los FP, son producidos en la epidermis pero su desarrollo ocurre entre los 95 y 135 días de gestación (Ryder y Stephenson, 1968). El segundo tipo de FS son los ramificados o FS derivados (FSD). Se denominan así por que estos folículos son producidos a partir de los FSO (Hynd y Masters, 2002). La mayoría de los FS no completan su maduración sino hasta después del nacimiento (Hardy y Line, 1956; Carpio y Arana, 1975).

En alpacas, el desarrollo folicular es similar al de los ovinos. Así, el FP inicia su formación entre los 90 y 147 días después de la concepción y la mayor

producción se da entre los 187 a 214 días de gestación. El desarrollo de los FSO se observa a partir del día 187 y el desarrollo de los FSD se produce a los 264 días de gestación (Yi, 1995). Cabe resaltar que la maduración folicular sólo alcanza el 75% (Bustinza, 2001). Los diferentes estadios de desarrollo folicular siguen un orden definido y similar a los descritos en ovinos (Hardy y Line, 1956; Hynd y Masters, 2002) y pueden ser aplicados en alpacas (Yi, 1995).

La relación promedio de FS y FP (S/P) en alpacas alimentadas con pastos nativos es de 7:1, con una variación relativamente grande, encontrándose desde 2 hasta 17 (Bustinza, 2001). Sin embargo, Yi (1995), trabajando en similares condiciones, encontró que la relación S/P fue de 2.25:1; no encontrando diferencias por raza. Así mismo, Bustinza (2001) señala que no existen tríos foliculares como en el caso de los ovinos.

La densidad folicular promedio en el cuerpo de la alpaca es de 18 folículos por  $\text{mm}^2$  pero pueden variar de 15 hasta 26. La densidad disminuye en sentido dorso-ventral y postero-anterior. La zona del cuello tiene la mayor densidad (mayor que 20 folículos por  $\text{mm}^2$ ). Las partes más bajas y los flancos (zonas inguinal y axilar) tienen la menor densidad (10 folículos por  $\text{mm}^2$ ). Existe una alta correlación negativa entre densidad folicular y diámetro (-0.8); es decir, a mayor densidad folicular mayor finura de fibra (Bustinza, 2001).

A la observación microscópica (corte transversal) de gran aumento (200x a 500x), la fibra de alpaca, de manera similar a la de los ovinos, presenta tres capas más o menos concéntricas: cutícula, corteza y médula (Bustinza, 2001). La cutícula es la

capa externa de la fibra, compuesta de células planas de formas poligonales, superpuestas unas a otras a manera de escamas de un pez. El promedio de escamas por 100  $\mu$  de longitud de la fibra es de 9.7, con rangos de 7 a 13 en Huacaya y de 7 a 15 en Suri (Villarroel, 1991).

Existen diferencias entre las fibras de la alpaca Suri y de Huacaya. En general, la fibra de la raza Suri presenta una superficie más suave en la capa externa de la cutícula, mientras que la fibra de la raza Huacaya presenta una superficie áspera. Las diferencias en sus propiedades de fricción se deben a las características cuticulares y al modelo de escamas de la fibra. A medida que el diámetro disminuye la escama se torna semicoronal o coronal; por el contrario, a medida que la fibra se engruesa las escamas son más pequeñas y sus márgenes se vuelven más irregulares y próximos. Por otro lado, la principal diferencia entre los modelos de escama de fibra de alpaca y la lana de ovino es el tamaño y la forma de las escamas. Usualmente, en las alpacas éstas son menores e irregulares y muestran menor protuberancia en los márgenes superiores, aunque las fibras finas, especialmente de la raza Huacaya, tienen bordes semejantes a los de la lana de ovino (Villarroel, 1963, Villarroel, 1991; Bustinza, 2001).

La corteza es una capa muy variable en la fibra de alpaca y aumenta su proporción relativa a medida que el diámetro disminuye. Así, hay fibras que sólo presentan cutícula y corteza. En éstas, las células corticales forman más del 90% de la masa de la fibra, similar al caso de las fibras de lanas finas en ovinos. En el otro extremo, existen fibras gruesas en la cuales se distinguen claramente la cutícula, la corteza y la médula. En éstas la corteza puede comprender menos del

50% de toda la masa de la fibra. Entre los dos extremos hay una gama de casos intermedios.

En la corteza de la fibra de ovinos se distinguen dos secciones reconocidas por sus propiedades físicas y químicas. Las células de estas secciones se denominan células *orto* y *para*, que a la tinción con azul de metileno son fuerte y débilmente teñidas, respectivamente (Rogers, 1959). En la fibra de la raza Huacaya, como en el caso de la lana de ovino, la corteza muestra una diferenciación más clara de las secciones *orto* y *para* a medida que la fibra es más rizada (Bustinza, 2001). Así, las fibras de gran finura y de alto grado de rizamiento muestran una mayor diferenciación. En las fibras con médula, la estructura *orto* y *para* permanece similar a la de aquellas fibras no meduladas. En la fibra de finura media (25 a 35  $\mu$ ) las células *orto-para* se distribuyen en forma variable y con una demarcación menos nítida. Las células *orto* siempre se ubican a un lado de la sección transversal, generalmente en forma perpendicular o ligeramente opuesta al diámetro mayor; y en las fibras gruesas (40  $\mu$  o más) raramente se observan porciones claramente teñidas (*orto*), y cuando se notan son como manchas en las regiones más externas de la fibra; no se observa la distribución radial de las células de tipo *orto* (Villarroel, 1963; Bustinza, 2001).

Las fibras Suri, probablemente por ser rectas, lacias y de superficie suave, tienen menor afinidad hacia los tintes, lo cual dificulta el estudio de la diferenciación de las células corticales *orto-para* aún en las fibras finas. En las fibras medias y gruesas de la alpaca Suri es muy difícil distinguir células corticales de tipo *orto* (Bustinza, 2001).

La médula de la fibra de alpaca, presenta diversas características de acuerdo al plano de observación. A la observación longitudinal, las fibras más finas no presentan médula; sin embargo, en las fibras de grosor intermedio la médula es interrumpida o delgada y en las fibras más gruesas es de tipo “lattice” o enrejado. A la observación transversal, la médula aparece como una demarcación central oscura de formas variadas. Esta forma es más irregular a medida que aumenta el tamaño, correlativamente al aumento del diámetro de la fibra. La fibra no medulada es a su vez la más circular y corresponde a las fibras más finas. La medulación fragmentada presenta una sección circular y corresponde a fibras finas. A medida que la fibra se engruesa, la médula se torna continua a lo largo de su longitud, siendo más amplia y sólida y su forma transversal es ovoide, arriñonada y/o irregular. Las fibras gruesas tienen médula sólida y de gran tamaño, presentan en su forma transversal un entorno arriñonado, triangular y en algunos casos, la médula toma la forma de S o T. Las fibras más gruesas (cerdas) poseen médula continua muy amplia, similar al tipo lattice y en su forma transversal se torna en doble T o X con extremos expandidos e irregulares (Villarroel, 1959, Bustinza, 2001).

## **2.2 Efectos hormonales sobre la producción de fibra.**

No existen hormonas con funciones de dirigir nutrientes a la piel (Adams *et al.*, 2000). Sin embargo, las hormonas sí afectan el crecimiento de la lana a través de sus efectos en la síntesis proteica de todo el cuerpo, o afectando el metabolismo de la proteína en otros tejidos. Se han reportado pequeños incrementos en la



producción de lana en ovinos Merino tratados con andrógenos (Southcott y Royal, 1971; Hynd y James, 1987) probablemente como resultado de un incremento en el alimento consumido (Adams *et al.*, 2000). La hormona del crecimiento incrementaría (Johnsson *et al.*, 1985) o disminuiría (Wynn *et al.*, 1988) el crecimiento de la lana, dependiendo del incremento del alimento consumido y de la desviación de los nutrientes a los tejidos que responden mejor a la hormona del crecimiento como intestinos y músculos. La desviación de nutrientes es incluso más marcada con el  $\beta$  adrenérgico agonista cimaterol, el cual hace decrecer la producción de lana en un 16% y el peso de la piel en un 9%, mientras incrementa la proteína en la carcasa y disminuye la deposición de grasa (Fernessy *et al.*, 1990).

En ovinos, las hormonas influyen el ciclo de desarrollo folicular de la fibra en la fase Anágena (fase activa de desarrollo folicular o crecimiento), Catágena (fase de transición) y Telógena (fase de reposo), los cuales ocurren como parte de un ciclo anual de muda. El impacto del ciclo folicular anual, coordinado por el fotoperiodo, varía entre razas. La raza Wiltshire Horn muda el vellón completo, la Raza Romney sufre fluctuaciones estacionales de cerca del 40% en el crecimiento de la lana, mientras que en la raza Merino los cambios son relativamente limitados (Adams *et al.*, 2000). La prolactina media el efecto del fotoperiodo por sincronización endógena de los ciclos foliculares, pero no conduce los eventos foliculares. Se ha observado que la manipulación farmacológica de prolactina no afecta el crecimiento de la lana (Wallace, 1979); aun cuando los receptores de prolactina están ampliamente distribuidos en la papila dermal, vaina de la raíz interna y externa, matriz germinal, glándulas sebáceas y sudoríparas en

ovinos (Adams *et al.*, 2000) y en alpacas (Sosa, 2006). Por último, en ovinos, un incremento en el cortisol causa pérdidas de células del bulbo y de la vaina de la raíz, resultando en la muda de la fibra. Tratamientos prolongados con cortisol causan que la piel llegue a estar más delgada, con pérdida de colágeno de la dermis, reducción en el tamaño de las glándulas sebáceas y regresión de folículos (Adams *et al.*, 2000).

En alpacas, no existen estudios del efecto de hormonas sobre el crecimiento de la fibra.

### **2.3. Influencia de la raza, sexo y edad en la producción de fibra.**

Las razas Huacaya y Suri poseen diferencias en las características de la fibra. La raza Huacaya posee una fibra rizada, dándole al vellón apariencia esponjosa parecida al vellón del ovino Corriedale. La raza Suri posee una fibra lacia y lustrosa que semeja en cierto grado a Mohair o lana de lustre como el ovino Lincoln (Villarroel, 1991). Así mismo, la longitud de mecha del vellón de alpaca Suri es más larga que la Huacaya (Condorena, 1980; Bustinza, 1983, Bustinza, 2001; Ruiz de Castilla, 2004; Sumar, 2005).

Con relación al efecto del sexo sobre fibra, la mecha de vellón de machos posee una longitud mayor que las hembras (Bustinza, 1991). Estudios realizados en Nueva Zelanda en Huacaya adultas reportan que los machos poseen un mayor diámetro de fibra que las hembras (Wuliji *et al.*, 2000). Sin embargo, Bustinza

(2001) señala que las diferencias en la fibra por efecto de sexo son mínimas y que sólo a partir de los cuatro años de edad la fibra de machos tiende a ser de mayor grosor y diferenciarse a la de las hembras, aunque estas diferencias no son significativas.

Con respecto a la edad, el diámetro de la fibra de alpaca es menor al primer año de vida (primera esquila), aumentando considerablemente con la edad hasta los cinco años, para luego seguir incrementándose pero a menor escala (Calderón y Pumayala, 1981; Bustinza *et al.*, 1985; Bustinza, 2001). Sin embargo, también se han observado incrementos lineales en el diámetro de fibra con la edad (Couchman, 1992; Bustinza *et al.*, 1985 y Davis, 2001). Con respecto al peso del vellón, Ccopa (1980) señala que el peso de vellón es directamente proporcional a la edad de las alpacas. Por otro lado, Velarde *et al.* (1998) señalan que éste se incrementa rápida y ascendentemente hasta los cuatro años, para luego hacerlo lentamente hasta los cinco años, manteniéndose constante hasta los siete años de edad y luego decrecer.

Con respecto a índices de herencia y correlaciones, Velasco (1978), calculó el índice de herencia para peso corporal ( $0.69 \pm 0.2$ ) y peso de vellón ( $0.35 \pm 0.2$ ) por el método de regresión de hijas sobre madres de 106 pares de madres-hijas; Roque *et al.* (1985) hallaron índices más bajos para peso corporal ( $0.27 \pm 0.08$ ) y longitud de mecha ( $0.21 \pm 0.07$ ) de 330 alpacas y sus respectivas crías. Con respecto a las correlaciones fenotípicas de peso de vellón y peso corporal, según raza, año y edad de la madre, para crías de 264 d de edad, Velasco (1978), halló una correlación genética de  $-0.26$ . También se han observado correlaciones

significativas entre peso corporal y peso de vellón (Aedo *et al.*, 1985; Toyofuku, 1985; Ruelas, 1985; Ampuero y Aedo, 1985) entre peso de vellón y largo de mecha (Toyofuku, 1985; Ruelas, 1985; Ampuero y Aedo, 1985).

#### **2.4. Factores ambientales sobre la producción de fibra.**

Los niveles de producción de fibra y estructura de vellón son afectados por factores ambientales, por ejemplo, en ovinos, los índices de regeneración folicular pilosa, el diámetro y la longitud de la fibra fueron influenciados por cambios climáticos y estacionales (Fraser y Short, 1965). Fraser y Short (1965) señalan que la estacionalidad del crecimiento de la lana podría deberse al ritmo del fotoperiodo y no a los cambios de temperatura. Hutchinson (1965), también manifiesta que la mayoría de razas de ovinos exhiben un ritmo anual del crecimiento de la lana controlado por el largo del día. Así mismo, Woods y Orwin (1988), trabajando con ovinos de raza Romney en Nueva Zelanda, alimentados con una dieta de mantenimiento, encontraron que el diámetro de fibra durante un año varió de 41.3  $\mu$  en verano de días más largos, a 30.4  $\mu$ , en invierno de días más cortos.

Por otro lado, en alpacas, Bustinza *et al.* (1985), estudiaron el crecimiento de la fibra durante el año en comunidades y en una empresa asociativa, encontrando que en ambas explotaciones la tasa de crecimiento varió a través del año, siendo mayor en diciembre y enero (inicio de lluvia y lluvia, respectivamente), donde se desarrolló el 25% del crecimiento en longitud, y menor entre septiembre y octubre

(época seca) donde ocurrió un 10% del crecimiento en longitud total. Estos resultados se atribuyen fundamentalmente a la disponibilidad forrajera de la pradera.

Leyva (1996) señaló que la mayor producción de fibra en alpacas ocurre en la época de lluvia (67%), en comparación con la época de seca (33%). Choquehuanca y Leyva en 1996 (citados por García, 2005) reportaron que la suplementación de alpacas en época seca no compensa la depresión del crecimiento de la fibra probablemente por un efecto de fotoperiodo.

García *et al.* (2006), trabajando con alpacas Suri machos jóvenes, observaron incrementos de la producción de fibra en la época de lluvia y disminución en la época seca; atribuyendo estos resultados tanto a la disponibilidad del alimento como al fotoperiodo. En alpacas, Wuliji (1993) estudió los cambios de peso corporal y longitud y diámetro de la fibra en diferentes estaciones, concluyendo que la longitud fue más afectada que el diámetro de la fibra, atribuyendo estos resultados a la nutrición.

Braga (1987), al evaluar el efecto de la altitud sobre la producción y calidad de la fibra en alpacas alimentadas con dietas similares, no encontró efecto sobre la fibra debido a la altitud y que ésta sólo afectó el peso corporal, el cual fue superior en los animales criados a menor altitud.

## **2.5. Estados fisiológicos de la hembra sobre la producción de fibra.**

Durante la preñez se registra una reducción de la proteína depositada en la fibra. Por ejemplo, en el último tercio de gestación de borregas Merino, la producción de lana decrece en un 6% (Masters y Mata, 1996). Durante la lactación también se registra una reducción del crecimiento de lana (Restall y Pattie, 1989). Ambos estados fisiológicos pueden afectar la producción de lana del 10 al 25%. Esta disminución es explicada por la reducción en longitud y número de fibras. En cabras, se señala que la preñez y la lactación reducen severamente el crecimiento del vellón y longitud de fibra sin afectar el diámetro: la preñez en un 30% y la lactación en un 48% y ambas en un 65% (Smuts, 1999).

En alpacas, Leyva *et al.* (1981; citados por Braga, 1987) señalaron que la preñez y la lactación causan disminución de la producción de fibra en un 17%. Así mismo, señalaron que la producción de fibra disminuyó en un 11% en hembras que perdieron sus crías dentro de los 50 días post parto, y por lo tanto dejaron de lactar, sugiriendo que el efecto negativo exclusivo de la lactación sobre la producción de fibra es del 6%.

## **2.6. Efecto de la Nutrición sobre el crecimiento de la fibra.**

La nutrición juega un rol muy importante sobre la producción de fibra. En ovinos, la mejora del nivel alimenticio ocasiona aumento del peso del vellón debido al incremento en longitud y diámetro de la fibra (Ryder y Stephenson, 1968;

Henderson, 1980; Russel, 1992; Sumner y Bigham, 1993). En cabras, una pobre nutrición en la etapa fetal y neonatal temprana ocasiona una permanente limitación en la habilidad para producir fibra debido a una reducción en el número de folículos desarrollados (Ryder y Stephenson, 1968; Hogan *et al.*, 1979; Henderson y Sabine, 1991). Sin embargo, Corbett (1979) señala que la subnutrición en la vida temprana puede causar una reducción en la capacidad de los folículos para producir fibra, pero ésta no es permanente en el crecimiento de la fibra, excepto en situaciones de extrema subnutrición.

El efecto de la proteína en la dieta consumida sobre el crecimiento de la lana no ha sido claramente establecido; en parte por la degradación que sufre la proteína dietética en los compartimientos estomacales del rumiante (rumen y retículo). De esta manera adquiere relevancia, no el nivel de proteína en la dieta, sino el nivel del contenido nitrogenado que alcanza el abomaso y al intestino para su absorción a este nivel (Hogan *et al.*, 1979).

Por otro lado, al estudiar la formación de la lana en los ovinos se encontró que los cambios en la masa cutánea son relativamente grandes, aun que son más lentos que los de la síntesis fraccional de proteínas (Liu *et al.*, 1998) o la proporción mitótica de células bulbares. Además de estos cambios lentos en la masa folicular y los sustanciales retrasos en el crecimiento de la lana en ovinos sometidos a restricción nutricional también serían afectados por la desviación de aminoácidos a tejidos con mayores demandas (Adams *et al.*, 2000). En ovinos jóvenes sometidos a bajos niveles de ingesta, Doyle y Egan (1983) encontraron que los tejidos corporales compitieron por nutrientes más fuertemente que la lana,

mientras que en ovinos adultos el crecimiento de la lana se mantuvo a expensas de tejidos corporales.

La lana esta compuesta casi completamente de proteína (0.5% de lípidos y minerales), con un alto nivel de cisteína y serina (Williams, 1995). Estas diferencias entre la lana y los otros tejidos corporales crea un relativo desbalance en el pool de aminoácidos corporales en el proceso de síntesis tanto de la lana como de los otros tejidos, en particular de los aminoácidos sulfurados metionina y cisteína, muy necesarios para el crecimiento de la lana.

La proteína de la lana esta agrupada en tres tipos: a) bajo contenido de azufre (60-70%), b) alto contenido de azufre (20-40%) (con alto contenido de cisteína pero no de metionina) y c) alta en tirosina (1-12%) (con alto contenido de tirosina, lisina, isoleucina, histidina o glutamato y no contiene metionina) (Liu y Masters, 2003).

La cisteína en la lana está en una proporción del 10% (8.3 - 13%) comparada con 1.3% de la proteína corporal (Reis, 1979). La concentración de metionina en la lana es casi la mitad de la concentración de proteína corporal. La concentración de serina también es alta, llegando a ser el doble de la proteína corporal; sin embargo, la función de esta última en la fibra no es clara, una conjetura es que los grupos hidroxilos de la serina forman enlaces hidrogenados que ayudan a consolidar la estructura de la fibra (Liu y Masters, 2003).



Lo anterior sugiere una potencial respuesta a la suplementación con proteína o aminoácidos en términos de producción de fibra. Sin embargo, en ovinos Merino la suplementación con cisteína sólo alcanzó el 80% de eficiencia en comparación a la de metionina (Reis, 1989; Reis *et al.*, 1992). El rol principal de la cisteína para el crecimiento de la lana es la provisión de sustrato para la síntesis de la proteína de la lana (Fratini *et al.*, 1994). Aunque, la cisteína es requerida en una mayor cuantía para sintetizar las proteínas de la lana, y mucha de ésta puede ser proveída por la conversión de la metionina, la metionina desempeña un rol más importante en la estimulación del crecimiento de la lana (Reis, 1989), debido a que tiene un rol en la iniciación de la síntesis de cualquier proteína (Glick y Pasternack, 1998). Por otro lado, tanto los aminoácidos proporcionados por la dieta y los proporcionados por los microorganismos no proveen suficiente metionina y cisteína para obtener la máxima tasa de crecimiento de la lana (Liu y Masters, 2003).

Con respecto a la energía, Black (1987) estimó que la tasa máxima de crecimiento de lana (20 g/d de lana limpia) en ovinos de alta producción podría ser sostenida con aproximadamente  $0.43 \text{ MJ/kg PM}^{0.75} / \text{día}$  ( $102.8 \text{ kcal/kg PM}^{0.75}/\text{día}$ ), correspondiendo este valor al 9 % del metabolismo basal de un ovino de 40 kg de peso. Es claro que la mayor limitación nutricional para el crecimiento de la lana es la cantidad y composición de aminoácidos disponibles a los folículos pilosos.

En alpacas, la nutrición también juega un rol importante en la formación y maduración folicular así como en el crecimiento y diámetro de la fibra. Según Florez *et al.* (1986), la fibra proveniente de animales mal alimentados es menos resistente y más fina que la de animales con mejor alimentación. Con respecto al diámetro de la fibra, Bustinza (2001) reporta que en periodos de sequía en el altiplano, el diámetro de fibra disminuye aproximadamente en 5  $\mu$ .

Agramonte (1988), comparando rebaños de alpacas alimentados en pastos cultivados y en praderas, observó una mayor producción y mayor diámetro de fibra en los animales alimentados en pasturas cultivadas. Por otro lado, alpacas machos adultos llevados de Chile a Nueva Zelanda, mostraron un incremento de 6.5  $\mu$  de diámetro desde su arribo en 1989 hasta 1990 por una mejora en la alimentación. En años subsecuentes el diámetro de fibra incrementó 0.9  $\mu$  por año (Wuliji *et al.*, 2000). Del mismo modo, Hoffman (1998) reportó que alpacas Huacaya y Suri provenientes del altiplano y que luego fueron alimentadas con heno de alfalfa y concentrado durante cuatro meses, incrementaron en un promedio de 3  $\mu$  el diámetro de la fibra. Análogamente, Russel y Redden (1997), sometiendo a un mismo grupo de alpacas a dos regímenes nutricionales, uno por debajo de los requerimientos de mantenimiento (0.67M) y otro al doble de los requerimientos mantenimiento (2M), encontraron que la alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional y que su efecto sobre la producción de fibra se ejerce más a través de los cambios en la longitud que en el diámetro de la fibra.

En cuanto se refiere al efecto de la nutrición sobre el diámetro (D) y longitud (L) de la fibra, es importante considerar que el D está estrechamente relacionado al tamaño del bulbo folicular (ancho y volumen total), mientras que la L de la fibra está relacionado además del tamaño de bulbo, a la longitud de las células corticales y a la proporción de las células que ingresan a la propia fibra (Hynd, 1994; Hynd y Masters, 2002).

En ovinos, los cambios en la calidad y cantidad del forraje ofrecido producen variaciones en la producción de lana y en el diámetro de la fibra (Hynd y Masters, 2002). En ambientes con marcada estacionalidad, estas variaciones son sustanciales (Thompson, 1998). Los ovinos de fibra gruesa son más susceptibles a sufrir variaciones de D provocadas por la manipulación nutricional, en comparación con los ovinos de fibra fina, éstas serían dictadas por el genotipo (Hynd y Masters, 2002).

Con respecto a la relación entre longitud y diámetro (L/D), Reis y Sahlu (1994), trabajando en tres experimentos con ovinos Merino sobre la respuesta en el crecimiento de lana a la suplementación de aminoácidos al abomaso obtuvieron un incremento del 15, 25 y 50% respectivamente, tanto en L como en D. Sin embargo la relación L/D se mantuvo constante en dos experimentos y varió ligeramente en el tercero. Con los datos anteriores se midieron el aporte de la L, del D y del D(L) en la producción de la fibra, los métodos sugieren que el D hace la mayor contribución a la producción de la fibra (de 70 a 80%), mientras que la L, incluyendo la contribución de D(L) va del 20 al 30%. Sin embargo, Hynd y Masters

(2002) indican que L podría hacer una contribución mucho mayor, incrementando en un 45%.

Downes (1971) y Downes y Sharry (1971), manipulando la nutrición en ovinos de raza Merino y Corriedale, causaron un incremento cuádruple en el porcentaje de crecimiento de la lana individual; sin embargo, la relación L/D no aumentó más del 10%. Por otro lado, la relación L/D en ovinos de raza Romney no fue hallada constante (Sahlu y Fernández, 1992; Sahlu *et al.*, 1992), midiendo tanto L como D de fibra de cabra Angora, encontraron que los rangos de la relación L/D varían de 21 a 27. Los datos de Clarke y Smith (1975), Qi *et al.* (1992) y Sahlu *et al.* (1992), basados en la longitud de mecha, dieron un rango similar, pero algunos valores fueron tan altos como 30 para fibras de un D similar. Estos resultados sugieren que el crecimiento en L de fibra en cabras de raza Angora podría ser mayor al 50% que lo hallado en ovinos de raza Merino (Reis y Sahlu, 1994).

No existen muchos estudios acerca del efecto diferencial de la nutrición sobre el D y la L de fibra en alpacas, Russel y Redden (1997), trabajando con alpacas adultas machos de fibra gruesa (31  $\mu$ ), sometidas a dos niveles nutricionales, reportaron que la producción de fibra de alpaca es altamente sensible a la manipulación nutricional, pero que el diámetro de fibra no sufrió variaciones significativas, en cambio la longitud de fibra fue la más afectada. También reportaron la contribución de L, D y diámetro incrementado de la longitud extra de la fibra (D(L)) al incremento de volumen y encontraron que la mayor contribución en el crecimiento de la fibra está dado por el incremento de L y no por D y D(L).

Indudablemente la nutrición juega un rol muy importante en la producción y calidad de la fibra; en otros rumiantes productores de lana o fibra se han desarrollado muchos estudios para dilucidar la importancia de los diferentes factores nutricionales sobre la producción de ésta, como por ejemplo el rol de las proteínas, al energía, la suplementación con aminoácidos, etc.

En CSA, especialmente en la alpaca aun falta mucho por investigar y las contradicciones de los resultados en los pocos estudios realizados para medir el efecto de la nutrición sobre la fibra de las alpacas conllevó a plantear este trabajo cuyo propósito es dilucidar el efecto de dos niveles nutricionales contrastantes sobre el rendimiento y calidad de la fibra.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar y Duración del experimento.**

El trabajo de campo se llevó a cabo en el fundo San Marcos de la Estación Experimental IVITA Maranganí, FMV-UNMSM, ubicado en el departamento del Cusco, provincia de Canchis, distrito de Maranganí a 11 km de la ciudad de Sicuani y a 3704 msnm y a 14° 21' 11.4" S, 71° 09' 56.9" . Con temperaturas máximas que tienen una variación entre 13º a 15º C y mínimas de -7º a 2.5º C, con una precipitación pluvial que varía entre 90 y 200 mm/mes y 952 mm/año.

El trabajo se desarrolló del 11 de junio del 2003 al 17 de enero del 2004.

### **3.2. Animales experimentales.**

Se eligieron al azar 12 alpacas Huacaya machos entre 3 y 4 años de edad, de color blanco con un peso promedio de 59.6 kg y provenientes de la misma majada (punta de machos IVITA Maranganí), alimentados con pastos nativos dominados por una asociación de *Festuca rigida* y *Muhlenbergia fastigiata* (Feri –Mufa).

El estudio tuvo dos fases; a saber: La fase pre experimental y la fase experimental (Cuadro 1).

#### **Fase pre experimental.**

Los animales fueron acostumbrados gradualmente por 14 d al alimento base del experimento (ABE) (Cuadro 2). Tanto el alimento como el agua fueron proporcionados *ad libitum* en comederos y bebederos en cubículos individuales.

**Fase experimental:** Esta fase consistió en cuatro periodos (Cuadro 1):

#### **Periodo I.**

Finalizado los 14 días de acostumbramiento de la fase pre experimental los animales continuaron recibiendo el ABE en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos de mantenimiento (1 M) y de esta manera igualar sus condiciones corporales. El requerimiento energético y proteico de nutrientes calculados para estos animales fueron de 114 kcal de EM/kg PM con 25% más del estimado por

Carmean *et al.* (1992) y de 118 g de proteína con 25% más del estimado por San Martín (1991). Este periodo tuvo una duración de 28 d.

## **Periodo II.**

A los animales del T1 (0.7 M) se les ofreció el equivalente a 0.73 veces el requerimiento de mantenimiento y a los animales del T2 (1.2 M) se les ofreció el equivalente a 1.23 veces el requerimiento de mantenimiento buscándose tener regimenes nutricionales contrastantes (baja y alta nutrición). Al inicio de este periodo todos los animales fueron pesados y rasurados a la altura del costillar medio en un área de 100 cm<sup>2</sup> (área de estudio de la fibra). Posteriormente se tomaron muestras de la fibra y se pesaron los animales cada 28 d hasta completar tres muestreos.

## **Periodo III.**

En este periodo los animales de ambos tratamientos recibieron el ABE en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos de mantenimiento (1 M) durante 28 d y así igualar la condición corporal. Los animales fueron nuevamente rasurados y pesados.



## Periodo IV.

En este periodo los animales del T1 (0.7 M) durante el periodo II pasaron al T2 (1.2 M) y viceversa. Durante este periodo se tomaron las muestras de la fibra y pesaron los animales cada 28 d tres veces .

### Cuadro 1. Arreglo experimental.

|                           |  |  |   |   |
|---------------------------|--|--|---|---|
| Fase pre<br>experiemental | Los 12 animales fueron alimentados al pastoreo en un pastizal Feri Mufa.                 |  |   |   |
|                           | 12 animales recibieron alimento base del experimento (ABE) (Cuadro 2) (acostumbramiento) |  |   | 14 d (11/06/03)   |
| Fase<br>experimental      | Periodo I  | Los 12 animales recibieron ABE para cubrir requerimiento de mantenimiento (dieta 1M) (igualar condiciones corporales)  |   | 28 d pesado y rasurado (25/06/03)   |
|                           | Periodo II   | T1 (dieta 0.7 M): seis animales (a, b, c, d, e, f) que recibieron ABE para cubrir 0.7M                                 | T2 (dieta 1.2M): seis animales (g, h, i, j, k, l) que recibieron ABE para cubrir 1.2M | 28 d (23/07/03)<br>1ª muestra<br>28 d (22/08/06)<br>2ª muestra<br>28 d (22/09/06)<br>3ª muestra |
|                           | Periodo III  | Los 12 animales recibieron ABE para cubrir requerimiento de mantenimiento (dieta 1 M) (igualar condiciones corporales) |   | 28 días pesado y rasurado (21/10/03)  |
|                           | Periodo IV   | T2 (1.2 M): seis animales (a, b, c, d, e, f) que recibieron ABE para cubrir 1.2 M                                      | T1 (0.7M): seis animales (g, h, i, j, k, l) que recibieron ABE para cubrir 0.7 M      | 28 d (21/11/03)<br>1ª muestra<br>28 d (19/12/03)<br>2ª muestra<br>28 d (17/01/04)<br>3ª muestra |

**Cuadro 2. Ingredientes y composición nutricional del Alimento Base del Experimento (ABE).**

| Insumos           | (%)   |
|-------------------|-------|
| Afrecho de trigo  | 88.7  |
| Harina de pescado | 7.3   |
| Heno de alfalfa   | 3.6   |
| Sales minerales   | 0.4   |
| Total             | 100.0 |

  

| Composición Nutricional          | Base Seca (%) |
|----------------------------------|---------------|
| Proteína                         | 12.5          |
| Fibra                            | 17.1          |
| Extracto etéreo                  | 5.5           |
| Cenizas                          | 8.2           |
| Extracto libre de nitrógeno      | 56.7          |
| Energía metabolizable kcal/kg MS | 2589          |

### 3.3. Observaciones realizadas.

#### Peso vivo.

Los animales fueron pesados en ayunas a la misma hora (07:00 h), se usó una balanza tipo reloj con capacidad de 150 kg y una aproximación de 500 g acondicionada a un trípode.

#### Producción de fibra.

Se delimitó un cuadrante de 100 cm<sup>2</sup> sobre la parte media del costillar derecho, con el margen superior ubicado a 20 cm de la columna vertebral y el margen derecho sobre la última costilla, siguiendo la técnica descrita por Braga (1987) y Villarroel (1963). Las muestras de fibra sucia fueron pesadas para obtener el peso

de la fibra sucia. La fibra limpia fue obtenida por el pasaje en soluciones tibias (40 °C) de detergente, bicarbonato de soda y agua. Las muestras fueron desecadas en estufa a 100 °C por dos horas y luego acondicionadas en campanas desecadoras con silica gel, por espacio de 15 min. dentro de un ambiente controlado a 23 °C y 67% de humedad relativa. Inmediatamente después se registró el peso de la fibra limpia, siguiendo la técnica descrita por García *et al.* (2006).

### **Diámetro de fibra (D).**

Las muestras de fibra limpia, dentro del ambiente acondicionado, fueron cortadas con un micrómetro y montadas en láminas portaobjetos con bálsamo de Canadá. Después 48 h de su acondicionamiento se midió el diámetro de la fibra utilizando un lanómetro y el proceso estándar IWTO 8 –66 – E (1989).

### **Aporte de D(L).**

Esta variable se obtuvo del aumento del diámetro de la longitud incrementada de la fibra.

### **Longitud de fibra (L).**

La L de las muestras de fibra limpia fueron obtenidas con una regla milimetrada y las medidas fueron transformadas a micras ( $\mu$ ).

### **Relación longitud y diámetro (L/D).**

Esta relación se obtuvo a partir de las observaciones de L y D de la fibra, respectivamente.

### **Volumen de fibra.**

El volumen de la fibra se obtuvo utilizando la fórmula del cilindro de las observaciones de L y D de T1 (0.7 M) y T2 (1.2 M), respectivamente expresadas en micras ( $\mu$ ) ( $V = [\pi \cdot (r)^2 \cdot L] / 1000$ ).

### **Aporte de la L al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo utilizando el área circular derivada del D de T1 (0.7 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) expresado en micras ( $\mu$ ) ( $L = [\pi \cdot (r_1)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **Aporte del D al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo usando la diferencia de volúmenes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) menos el área circular derivada del D de T2 (1.2 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) expresado en micras ( $\mu$ ) ( $D(L) = [V_2 - V_1] - [(\pi \cdot r_2)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **Aporte del D(L) al incremento de volumen de fibra.**

Este aporte se obtuvo utilizando el área circular derivada del D de T2 (1.2 M) por la diferencia de longitudes de T2 (1.2 M) y T1 (0.7 M) y restando el aporte de L expresado en micras ( $\mu$ ) ( $D = [(\pi \cdot r_2)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000 - [(\pi \cdot r_1)^2 \cdot (L_2 - L_1)] / 1000$ ).

### **3.4. Diseño estadístico.**

Se empleó un diseño de sobrecambio simple con dos periodos (Periodo I y Periodo II) y dos tratamientos (T1 y T2) con seis alpacas cada uno. El modelo matemático es como sigue:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + a_j + t_k + e_{ijk}.$$

Donde:

$\mu$  = media.

$p_i$  = periodo.

$a_j$  = animal.

$t_k$  = tratamiento.

$e_{ijk}$  = error.

### **3.5. Análisis de datos.**

El análisis de datos se realizó con ayuda del paquete estadístico SAS (1990). Las diferencias entre tratamientos fueron evaluadas mediante el cálculo del ANVA correspondiente y las pruebas de F respectivas. Adicionalmente se evaluaron las diferencias entre tratamientos dentro de subperiodos de 28 d para cada subperiodo.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Ganancia de peso vivo.**

El efecto de los tratamientos sobre el peso vivo se muestra en el Cuadro 3. Los animales del T1 (0.7 M) perdieron 40.1 g/d mientras que los animales del T2 (1.2 M) ganaron 51.7 g/d ( $P<0.05$ ) (Cuadro 2A).

Cuadro 3. ganancia de peso vivo, producción (g/100 cm<sup>2</sup>), longitud (L), diámetro (D), relación L/D y volumen de la fibra en los dos tratamientos.

| Variables   | Tratamientos        |                     |
|---|---------------------|---------------------|
|   | T1 (0.7 M)          | T2 (1.2 M)          |
| Ganancia de peso vivo, (g/d)                                      | -40.1 <sup>a</sup>  | 51.7 <sup>b</sup>   |
| Prod. de fibra limpia 0-12 sem, (g/100 cm <sup>2</sup> )          | 4.43 <sup>a</sup>   | 5.22 <sup>b</sup>   |
| Longitud de fibra (L), (μ/d)                                      | 294.7 <sup>a</sup>  | 319.6 <sup>b</sup>  |
| Diámetro de la fibra (D), (μ)                                     | 23.97 <sup>a</sup>  | 25.75 <sup>b</sup>  |
| Relación L / D  | 12.52 <sup>a</sup>  | 12.63 <sup>a</sup>  |
| Volumen x 10 <sup>-3</sup> ,(μ/d)                                 | 132.95 <sup>a</sup> | 162.79 <sup>b</sup> |
| Letras diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05) |                     |                     |

#### 4.2. Producción de fibra limpia.

El rendimiento de fibra limpia en los dos tratamientos se muestran en el Cuadro 3; siendo superior en el T2 (1.2 M) (P<0.05) en un 17.8% en relación al T1 (0.7 M). Cuando se dividen los periodos II y IV de la fase experimental en subperiodos (subperiodo 1 de 0 a 28 d, subperiodo 2 de 29 a 56 d y subperiodo 3 de 57 a 84 d) (Cuadro 4 y 3A), se puede observar que la producción de fibra limpia empieza a diferenciarse en el subperiodo 2 en ambos tratamientos (P<0.05), siendo superior el T2 (1.2 M) en 29.3% y 25.2% con respecto al T1 (0.7 M) para los subperiodos 2 y 3 respectivamente. Con respecto a la producción de fibra entre subperiodos, ésta no es afectada por los tratamientos en el subperiodo 1, sin embargo en el T2



(1.2 M) la producción se incrementa al pasar del subperiodo 1 al subperiodo 2 (14%) y de este último al subperiodo 3 (32%). En el caso del T1 (0.7 M) se observa una disminución de la producción (12%) entre el subperiodo 1 y 2 y recuperándose luego al pasar al subperiodo 3.

Cuadro 4. Producción de fibra limpia en los dos tratamientos (g/100 cm<sup>2</sup>).

|                |         | Tratamientos      |                   |
|----------------|---------|-------------------|-------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)        | T2 (1.2 M)        |
| 1              | 0 – 28  | 1.51 <sup>a</sup> | 1.51 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 1.33 <sup>a</sup> | 1.72 <sup>b</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 1.59 <sup>a</sup> | 1.99 <sup>b</sup> |
| 1 – 3          | 0 – 84  | 4.43 <sup>a</sup> | 5.22 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística (P<0.05)

#### 4.3. Longitud (L) de fibra.

El efecto de los tratamientos sobre la L se muestra en el Cuadro 3, existiendo una mayor (P<0.05) longitud (8.5%) del T2 (1.2 M) con respecto al T1 (0.7 M). al realizar el análisis por subperiodos (Cuadro 5 y 4A) sólo se encuentra diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos en el subperiodo 2. así mismo, en el T2 (1.2 M) no se observa diferencia entre subperiodos, mientras que en el T1 (0.7 M) al igual que para la producción de fibra se observa una reducción de la longitud (-6.8%) al pasar del subperiodo 1 al subperiodo 2 recuperándose luego al pasar al subperiodo 3.

Cuadro 5. longitud de fibra limpia en los dos tratamientos ( $\mu/d$ ).

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 299.2 <sup>a</sup> | 311.4 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 278.9 <sup>a</sup> | 321.9 <sup>b</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 305.8 <sup>a</sup> | 324.2 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 294.6 <sup>a</sup> | 319.6 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### 4.4. Diámetro (D) de fibra.

El efecto de los tratamientos sobre D se muestra en el Cuadro 3. el D es mayor ( $P < 0.05$ ) en un 7.4% en el T2 (1.2 M) con respecto al T1 (0.7 M). Cuando se analizan por subperiodos (Cuadro 6 y 5A), se observa que mientras en el T1 (0.7 M) el D se mantiene constante ( $\pm 24\mu$ ), en el T2 (1.2 M) el D aumenta en 13.8% y 19.4% al comparar subperiodos 2 y 3 con el subperiodo 1, respectivamente.

Cuadro 6. Diámetro de fibra limpia en los dos tratamientos ( $\mu$ ).

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 23.89 <sup>a</sup> | 23.18 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 24.09 <sup>a</sup> | 26.37 <sup>a</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 23.94 <sup>a</sup> | 27.70 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 23.97 <sup>a</sup> | 25.75 <sup>b</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### 4.5. Relación de longitud y diámetro de fibra (L/D)

los resultados de la relación L/D se muestran en los Cuadros 3, 7 y 6A. La relación en líneas generales se mantiene constante debido a que el efecto del tratamiento produjo similares variaciones en ambas variables

Cuadro 7. Relación L/D en los dos tratamientos.

|                |         | Tratamientos       |                    |
|----------------|---------|--------------------|--------------------|
| Subperiodos, d |         | T1 (0.7 M)         | T2 (1.2 M)         |
| 1              | 0 – 28  | 12.81 <sup>a</sup> | 13.54 <sup>a</sup> |
| 2              | 29 – 56 | 11.80 <sup>a</sup> | 12.45 <sup>a</sup> |
| 3              | 57 – 84 | 12.96 <sup>a</sup> | 12.03 <sup>a</sup> |
| Promedio       | 0 – 84  | 12.52 <sup>a</sup> | 12.67 <sup>a</sup> |

Letras minúsculas diferentes en fila indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

#### **4.6. Volumen y aportes de L, D y D(L) a su incremento.**

El incremento de volumen se muestra en el Cuadro 8. el volumen del T2 (1.2 M) fue 22.4% superior al T1 (0.7 M). Al análisis por subperiodos se observa que en el subperiodo 1 el volumen no aumenta, pero en los subperiodos 2 y 3 el volumen si aumenta aproximadamente en un 40%. Los aportes de la L, D y D(L) en el incremento de volumen producidos al pasar del T1 (0.7 M) al T2 (1.2 M) son mostrados en el Cuadro 8, en este cuadro se observa que el aporte del D (68.6%) fue mayor ( $P < 0.05$ ) que el aporte de la L (27.2%) y del D(L) (4.2%). Al análisis por subperiodos se observa que el aporte de la L y D, al pasar del subperiodo 2 al 3 disminuye y aumenta en 25.8 y 28.9 unidades, respectivamente. Por otro lado, el aporte del D(L) disminuye en 3.1 unidades.



## **V. DISCUSIÓN**

Las ganancias de peso halladas en el presente trabajo (Cuadro 3) son inferiores a las obtenidas por Russel y Reden (1997) quienes sometiendo a los animales a consumos para cubrir 0.7 y el doble de los requerimientos de mantenimiento encontraron ganancias de peso de -69.1 y 70.3 g/d, respectivamente. Estas diferencias se explicarían al nivel de la alimentación usada en ambos experimentos, así como a la edad de los animales usados. En este experimento los animales fueron jóvenes (3 a 5 años) y tenían un peso promedio de 59.6 kg (Cuadro 1A) mientras que los animales del experimento de Russel y Reden (1997) los animales fueron adultos con un peso promedio de 73.7 kg.

Con respecto a la producción de fibra limpia (Cuadro 3) los resultados coinciden con los hallados por otros autores tanto en alpacas (Wuliji, 1993; Newman y

Paterson, 1994; Russel y Redden, 1997; Bustinza, 2001; García *et al.*, 2006) como en ovinos (Ryder y Stephenson, 1968; Downes, 1971; Downes y Sharry, 1971; Henderson, 1980; Hynd y Masters 2002) y cabras (Shahjalal *et al.*, 1992).

Al analizar los resultados por subperiodos (Cuadro 4) el efecto del T1 (0.7 M) es notoria la disminución de producción de fibra entre los subperiodos 1 y 2, sin embargo, logran una ligera recuperación en el subperiodo 3, tal vez debido a que los animales se adaptan a las condiciones de restricción nutricional y movilizan nutrientes de otros tejidos corporales a la lana (Doyle y Egan, 1983). En el T2 (1.2 M) el incremento del subperiodo 1 al 2 y de éste al 3, coincide con lo reportado en cabras (Shahjalal *et al.*, 1992). El hecho de no encontrar recuperación al primer mes (subperiodo 1) en los animales del T2 (1.2 M) se debe a que los cambios de la masa folicular son inicialmente más lentos por la competencia de nutrientes con otros tejidos que tienen mayores demandas de nutrientes (músculo e intestinos) (Liu *et al.*, 1998; Adams *et al.*, 2000). Esto supondría que una recuperación de la producción de la fibra luego de un periodo de restricción alimenticia sólo se lograría después del primer mes de la realimentación o mejora de consumo de nutrientes. Por otro lado, se conoce que esta recuperación de la producción de fibra no contempla el fenómeno del crecimiento compensatorio o el aumento de la tasa de crecimiento de la lana como ocurre con la ganancia de peso (Butler-Hogg, 1984).

Con respecto a la L de fibra (Cuadros 3 y 5) los datos hallados coinciden con los de Russel y Redden (1997). Sin embargo, la L obtenida por estos autores fue mayor a los obtenidos en este experimento. Cuando se analizan los resultados

por subperiodos la tendencia es muy similar a la descrita para la producción de fibra limpia, la L de fibra está relacionada, además del tamaño de bulbo folicular, a la longitud de las células corticales y a la proporción de las células que ingresan a la propia fibra (Hynd, 1994; Hynd y Masters, 2002).

Con respecto al D de fibra (Cuadros 3 y 6), en promedio éste fue menor ( $24.9 \mu$ ) a los del experimento de Russel y Redden (1997) ( $31.8 \mu$ ). Estos autores obtuvieron un incremento de  $0.7 \mu$  al pasar del tratamiento 0.7 M al 2.0 M, comparado con  $1.78 \mu$  en el presente experimento. Estas diferencias en los resultados se deberían a que Russel y Redden (1997) trabajaron con animales adultos mientras que en este experimento se usaron animales jóvenes. Está demostrado que animales adultos en toda época producen fibra de mayor D y que el D se incrementa con la edad (Calderón y Pumayala, 1981; Bustinza *et al.*, 1985; Couchman, 1992; Bustinza, 2001; Davis, 2001). Al análisis por subperiodos, el D así como la L, empiezan a diferenciarse por efecto de una mejor nutrición (T2 (1.2 M)) a partir del subperiodo 2.

La relación L/D en el presente trabajo (Cuadros 3 y 7) se mantuvo constante, coincidiendo con lo encontrado por Reis y Sahlu (1994), quienes trabajando en ovinos Merino suplementados con aminoácidos al abomaso, obtuvieron incrementos del 15 al 50 % tanto en la L como en el D; pero, la relación L/D se mantuvo constante. También coincide con los trabajos de Downes (1971) y Downes y Sharry (1971), quienes manipulando la nutrición en ovinos de raza Merino y Corriedale, incrementaron cuatro veces el crecimiento de la lana; pero



difieren de los trabajos de Sahlu y Fernández (1992) con ovinos Romney y de Sahlu *et al.* (1992) en cabras Angora.

El incremento de volumen (Cuadro 8) fue muy similar al reportado por Russel y Redden (1997); sin embargo, al calcular siguiendo la metodología descrita por Reis (1992b) la contribución de la L, el D y del D(L) en el incremento del volumen los resultados del presente trabajo contradicen lo hallado por Russel y Redden (1997), quienes encontraron que la contribución de L, D y D(L) fueron de 78.8, 17.9 y 3.3 %, respectivamente, observándose que la mayor contribución en el volumen de la fibra estuvo dada por el incremento de L y no por D y D(L), a diferencia de este experimento en que la mayor contribución estuvo dada por el D (68.7 %) seguida por la L (27.2 %) y la D(L) (4.2 %).

A pesar de las diferencias con los resultados de Russel y Redden (1997), los resultados hallados en este experimento concuerdan con los obtenidos por Reis (1992a y b), quien registró que cuando el crecimiento de la lana se duplicó por la infusión abomasal de aminoácidos en ovinos de raza Merino las contribuciones de L, D y D(L) fueron del 25.4, 53.6 y 21% respectivamente. Así mismo, coinciden con los hallados por Hynd y Masters (2002), los cuales muestran que al mejorar la nutrición en ovinos de raza Merino, el incremento de volumen fue de 64.7 % y la mayor contribución a este incremento fue dada por el D (57.6 %), seguida por la L (30.9 %) y la D(L) (11.5 %), indicando que el D hizo una contribución mucho mayor. Lo que sugiere que la contribución al incremento de volumen de la fibra en alpacas sería muy similar al del ovino Merino.

Si bien este experimento no fue diseñado para estudiar los requerimientos de energía para mantenimiento; sin embargo, debido a que en el presente ensayo se registraron los consumos energéticos que determinaron pérdidas y ganancias de peso fue posible estimar por regresión estos requerimientos.

El requerimiento de mantenimiento estimado fue de 105.9 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ , superior a los reportados por Engelhardt y Schneider (1977) 61.19 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  y por Carmean *et al.* (1992) 84.5 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  en llamas y por Newman y Paterson (1994) 65.97 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  en alpacas, e iguales a los hallados por Russel y Redden (1997) 105.2 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$  también en alpacas. Los requerimientos de EM para mantenimiento estimados en el presente trabajo son similares a los que se dan para otros rumiantes como el ovino (99.9 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ) y el caprino (101.4 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ) pero inferiores a los del vacuno (133 kcal/kg  $PM^{0.75}/d$ ). Estos resultados indicarían que los requerimientos energéticos de los CSA, en condiciones óptimas de crianza, son similares a la de los rumiantes menores. Sin embargo estas comparaciones deben tomarse con precaución, debido a la poca precisión de la regresión de ganancia de peso sobre energía metabolizable.

Siguiendo las pautas señaladas por San Martín (1991) para calcular los requerimientos de los CSA y considerando como tipo un animal adulto de 60 kg, con un consumo del 2 % en relación al peso vivo (1.2 kg MS) y un requerimiento por actividad física por pastoreo estimado en 15 % sobre el requerimiento base, la concentración de EM Mcal /kg MS requerida en el alimento es de 2.19; de ED, Mcal /kg MS de 2.67 ( $2.19/0.82$ ) y de NDT del 60.7% ( $(ED \times 100) / 4.4$ ).

## **VI. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se concluye:

- Los niveles alimenticios en la alpaca influyen tanto en la producción como en el volumen de la fibra.
- El aporte del diámetro en el incremento del volumen de la fibra resultante es mayor que el aporte de la longitud.
- La respuesta negativa o positiva del aumento de fibra debido a niveles de alimentación se produce o detecta a partir del segundo subperiodo disminuyendo en el animal alimentando con 0.7 M y aumenta en el animal alimentado con 1.2 M.

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. **Adams N.; S. Liu y D. Masters. 2000.** Regulation of protein synthesis of wool growth in ruminat physiology Ed. Conjé. CAB International 225-272.
2. **Aedo, R.; R. Martinez y O. Urquizo. 1985.** Correlaciones entre peso vivo, edad y peso de vellón en alpacas Huacaya y Suri en V Conv. Int. Sobre CSA Cusco Perú.
3. **Agramonte M.V. 1988.** Incremento del peso corporal de crías y ritmo de crecimiento de la fibra de alpacas en dos sistemas de producción. Tesis Fac. de Agro. y Zoot. Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco. Perú.
4. **Ampuero, E. y R. Aedo. 1985.** Algunas variables que inciden en la producción de fibra de alpaca de alpaca macho. en V Con. Int. Sobre CSA. Cusco Perú pp 75.
5. **Apaza, E., E. Barcena y V. Ibáñez. 1987.** Biometría del Crecimiento de la Alpaca desde el Nacimiento a los Doce Meses de Edad. Rev. Allpak'a Puno Perú 43-52.
6. **Black, J. 1987.** Mechanisms controlling the rate of growth, composition and morfology of wool Merino improvement program in Australia. In. (Ed) B.J. McGuirk.. Australia pp 457.
7. **Braga, W. 1987.** El Efecto de la Altitud en la Producción de Fibra de la Alpaca (*Lama pacos*). Tesis Med. Vet. Univ. Nac. Mayor de San Marcos Lima Perú.
8. **Bustinza, A.V. 1983.** Informe final del proyecto de la piel de alpaca Univ. Nac. del altiplano (UNA) IIDSA. Puno.
9. **Bustinza, A.V. 1991.** Mejoramiento Genético. En producción de Rumiantes Menores: Alpacas. Florez A. y Novoa C. Ed. RERUMEN Lima Perú. pp 113-126.
10. **Bustinza, A.V. 2001.** La Alpaca, Conocimiento del Gran Potencial Andino Edit. Univ. Nac. del Altiplano, Puno, Perú.
11. **Bustinza, A.V., R.Sapana y G. Medina. 1985.** Crecimiento de la Fibra de Alpaca Durante el Año. in. mem. Proyecto Piel de Alpaca, informe final. Univ. Nac. Del Altiplano Puno Perú. Pp. 115-120.

12. **Butler-Hogg, B.W.** 1984. Growth patterns in sheep: Wool growth during weight loss and subsequent compensatory growth. *Journal of Agricultural Science. Cambridge* 102, 105-109.
13. **Calderón, A. y A. Pumayala.** 1981. Efectos de la edad sobre la longitud de la mecha, peso de vellón y peso vivo en alpacas Huacaya. *Res. de la IV Reunión Cient. APPA ayacucho Perú* pp 3.
14. **Carmean, B.; K. Johnson y D. Johnson.** 1992. Maintenance energy requierment of llamas. *Am. J. Vet. Res.* 53: 1696-1698.
15. **Carpio, M y L. Arana.** 1975. variación del Diámetro de Fibra en el Vellón de las Alpacas de Huancavelica. *Anales Científicos UNALM, Lima, Perú.* 13 (1-2):79-82.
16. **Ccopa, V.** 1980. Peso vivo, peso de vellón y rendimiento de vellón en alpacas. *Tesis. Med. Vet. Uni. Nac. del altiplano Puno Perú.* pp 62.
17. **Clarke, W. H. And I. D. Smith.** 1975. A preliminary evaluation of mohair prouction and the potential of angora goats in three eastern states. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 41:220.
18. **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)** 2006. doc. de trabajo PROCAM.
19. **Condorena, N.** 1980. Algunos índices de producción de la alpaca, bajo el sistema de esquila anual establecido en la raya. *Rev. Inv. Pec. IVITA Univ. Nac. Mayor de San Marcos.* 5(1):50-54.
20. **Corbett, J.L.** 1979. Variation in wool growth with physiological state. In *physiological and environmental limitations to wool growth* Ed. J Black y P. Reis. UNE Publishing. Australia
21. **Couchman, R.C.** 1992. Base Levels for Fiber Production. *Llama Life Rev.* 21-32.
22. **Chambilla, V.** 1983. Estructura histológica de la piel de llama (*lama glama*). *Tesis MVZ Fac. Med. Vet. y Zoot. Univ. Nac. del altiplano Puno-Perú.*
23. **Davis, G.H.** 2001. Some Factors Affecting Fiber Production in Alpacas. *Proceding AAA (NZ) Conference, 1-2 September. Christchurch New Zealand.* pp 1-20.
24. **Downes, A. M.** 1971. Variation in wool length and diameter with sheeep nutrition. *Appl. Polymer Symposium* 18, 895-904.

25. **Downes, A. M. and L. F. Sharry. 1971.** Measurement of wool growth and its response to nutritional changes. *Aust. J. Biol. Sci.* 24:117..
26. **Doyle, P. y J. Egan. 1983.** the utilization of nitrogen and sulfur by weaner and mature sheep. *Aust. J. of Agric. Res.* 34: 433-439.
27. **Engelhard, W. y W. Schneider. 1977.** Energy and nitrogen metabolism in the llama. *An. Res. and Develop.* 5:68-72.
28. **Ferguson, K. 1956.** The efficiency of wool growth. *Aust. Soc. Anim.* 1:58-62.
29. **Fernessy, P.; J. McEwan; E. Lord; G. Greer; W. Bain; P. Jonhstone; M. Knowler; R. Dalrymple y D. Ingle. 1990.** Effect of cimanterol implants on lamb growth and carcass traits *New Zealand J. Agric. Res.* 33:413-427.
30. **Florez, A., F.C. Bryant, E. Malpartida, J. Gamarra y J. Arias. 1986.** comparación de los sistemas de pastoreo continuo y rotativo con ovinos en praderas nativas altoandinas. *Texas tech. Univ. and Univ. Agrar. La Molina.* Rep. Tec. N°. 81.
31. **Fraser, A. S. y B.F. Short. 1965.** The Biology of the Fleece *Anim. Research Lab. Tech. Paper N° 3. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Melbourn Australia* 3:1-108.
32. **Fratini, A.; B. Powell; P.I. Hynd; R. Cough y G. Rogers. 1994.** Dietary cystine regulates the level of mRNAs encoding a family of cysteine rich proteins of wool.
33. **Gaitan, M. 1967.** Estudio preliminar de los folículos pilosos en alpacas variedad Huacaya. Tesis Ing. Zoot. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima Perú. 31 p.
34. **García, W. 2005.** Evaluación y estudio de las principales características textiles de la fibra en alpacas blancas. Monografía.
35. **García, W.; J. Olazábal; F. Franco y A. Salazar. 2006.** Variación de la finura y crecimiento de la fibra en alpacas Suris en función a la edad y época. *II Simposium Int. de investigaciones sobre CSA Arequipa Perú* pp 177-183.
36. **Glick, B.R. y J.J. Pasternack. 1998.** *Molecular Biotechnology*, 2<sup>nd</sup>. Edition ASM press, Washington, DC, pp 33-35.
37. **Hardy, H. y A., Lyne. 1956.** The prenatal development of wool follicles in merino sheep. *Aust. F. Biol. Sci.*

38. **Henderson, A.E. 1980.** Nutrition and Quantitative Wool Growth New Zealand. Lincoln College Univ. pp 22.
39. **Henderson, E. 1953** Fleece Development and Wool Growth on the Romney Lamb. J. Agric. Sci. Camb. 43:12-53.
40. **Henderson, M. y J. Sabine. 1991.** Secondary follicles development in australian cashmere goats small ruminant Res. 4:349-363.
41. **Hoffman, E. 1998.** Fiber as a Transitory Médium: Factors Affecting a Histogram. The Alpaca Registry Journal 3:29-36, Winter – Spring 1998.
42. **Hoffman, E. 2002.** The Complete Alpaca Book. Bonny Doon Press. Santa Cruz California USA.
43. **Hogan, J.; N. Elliott; y A. Hugues. 1979.** Maximum wool growth rates expected from australian merino genotypes. In. (Ed) J. Black y P. Reis. Physiological and environmental limitations to wool growth. Univ. New England Pub. Australia pp. 43-71.
44. **Hutchinson, J. 1965.** Photoperiodic control of the annual rhythm of wool growth. In Biolog. of the skin and the hair growth (eds) Lyne y Short. pp 565-564. Sydney Australia.
45. **Hynd, P.I. 1994.** follicular determinants of the length / diameter ratio at two levels of nutrition. Aust. J. of Agric. Res. 45:1137-1147.
46. **Hynd, P.I. y D. G. Masters. 2002.** Nutrition and Wool Growth In Sheep Nutrition Eds. Freer M. and H. Dove. CAB International 165-185.
47. **Hynd, P.I. y R. James. 1987.** The effect of the trenbolone acetate and trenbolone acetate plus oestradiol 17  $\beta$  on wool growth. J. Agric. Sci. Cambridge 108, 501-503.
48. **International Wool Textile Organisation. 1989.** Specifications IWTO-8-89(E). International Wool Secretariat, Ilkley, UK.
49. **Johnsson, I.; C. Hart y Butler-Hog. 1985.** The effects of exogenous bovine growth hormone and bromocryptine on growth, body development in female lambs. Anim. Prod. 41: 207-217.
50. **Larose, P. y Tweedie. 1938.** The Influence of Nutritional and Climatic Factors on Wool Growth and Quality. Il Canad. J. Rev. 16:166-173.
51. **Leyva, V. 1996.** Variación estacional en el crecimiento de la fibra de alpacas vacías, preñadas y lactantes. XIX Reunión científica APPA Cusco, Perú.

52. **Liu, S. y D. Masters. 2003.** Amino acid utilization for wool production. In amino acids un animal nutrition (Ed) D'Mello. CAB International.
53. **Liu, S.; G. Mata; M. O'Donoghue y D. Masters. 1998.** The influence of live weight, live weight change and diet on protein synthesis in the skin and skeletal muscle in young merino sheep. *Brit. J. Nut.* 79:267-274.
54. **Masters, D. y G. Mata. 1996.** Responses to feeding canola meal or lupin seed to pregnant, lactating and dry ewes. *Aust. J. of Agric. Res.* 47:1291-1303.
55. **Newman, S.A. y D. Paterson. 1994.** Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas. *Proc. of New Zealand Society of Anim. Prod.* 54: 147-150.
56. **Qi, K., C. D. Lu, F. N. Owens, and C. J. Lupton. 1992.** Sulfate supplementation of angora goats: metabolic and mohair responses. *J. Anim. Sci.* 70: 2828-2837.
57. **Reis, P.J. 1979.** Effects of amino acids on the growth and proprieties of wool. In. (Ed) J. Black y P. Reis. *Physiological and environmental limitation to wool growth.* Pp 223.
58. **Reis, P.J. 1989.** The influence of absorbed nutrients on wool growth. In (Eds) G. Rogers; P. Reis; K. Ward y R. Marshall. *The Biology of wool and hair.* pp 185.
59. **Reis, P.J. 1992a.** Variations in the strength of wool fibres – a review. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1337.
60. **Reis, P.J. 1992b.** Lenght growth and diameter relationships of merino wool fibres. *Wool Technol. Sheep Breed.* 40(2):52.
61. **Reis, P.J.; D. Tunks y G. Munro. 1992.** Effects of abomasal protein and energy suply on wool growth in merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1353.
62. **Reis, P.J. y T. Sahlu. 1994.** The Nutritional control of the Growth and Properties of Mohair and Wool Fibers: A Comparative Review *J. Anim. Sci.* 72:1899-1907.
63. **Restall J. y Pattie C. 1989.** The inheritance of cashmere in australian goats I. Characteristics of the base population and the effects of environmental factors. *Livestock Prod. Sci.* 21:157-172.
64. **Rogers, M. 1959.** Electronic microscope studies of hair and wool. *Anm. N.Y. Acad. Sci.* 83: 378-399.



65. **Roque, J. ; M. Carpio y F. Blackwell. 1985.** Trasmisión hereditaria de peso vivo y longitud de mecha en alpacas. In Res. V Conv. Int. CSA Cusco Perú.
66. **Ruelas, J. 1985.** Selección de reproductores machos Huacaya en base a correlaciones en V conv. Int. CSA Cusco Perú pp 69.
67. **Ruiz de Castilla, M. 2004.** Genética y Mejoramiento de los Animales Domésticos. Edit. Universitaria Univ. Nac. San Antonio Abad del Cusco Perú. pp. 286.
68. **Russel A.J.F. 1992.** Fibre Production from Sheeps and Goats. In progress in sheeps and goats research (ed. A.W. Speedy). Pp 235-256 OxforShire United Kingdownm pp 235-256.
69. **Russel, A.J.F. y H.L. Redden. 1997.** The Effect of Nutrition on Fibre Growth in the Alpaca. Anim. Sci. J. 64: 509-512.
70. **Ryder, M.L. y S.K. Stephenson 1968.** Fleece Variation Owing to Nutritional Change in Wool Growth. Academic Press. London – New York. pp 562-587.
71. **Sahlu, T. y J. M. Fernandez. 1992.** Effect of intraperitoneal administration of lysine and methionine on mohair yiel and quality in angora goats. J. Anim. Sci. 70:3188.
72. **Sahlu, T., J. M. Fernandez, C. D. Lu and Manning. 1992.** Dietary protein level and ruminal degradability for mohair production in angora goats. J. Anim. Sci. 70:1526.
73. **San Martín, F. 1991.** Nutrición y alimentación en alpacas y llamas. En: Producción de rumiantes menores. Editor C. Novoa. Programa de apoyo en la investigación – Rumiantes menores.
74. **San Martín, F. 1996.** Nutrición en alpacas y llamas. Fondo contravalor Perú-Suiza, CISA/IVITA, Fac. Med. Vet., Univ. Nac. Mayor San Marcos Pub. Cient. IVITA N° 27:28.
75. **SAS. 1990.** SAS/STAT User's Guide. Version 6. 4<sup>th</sup> ed. SAS Institute.
76. **Shahjalal, M.; H. Galbrait y J. Topps. 1992.** The effect of changes in dietary protein and energy on growth, body composition and mohair fibre characteristics of british angora goats. Anim. Prod. 54:405.
77. **Smuts, M. 1999.** Cashmere production in South Africa and abroad. Anim. Nut. and Prod. Inst. (ANPI) ARC-All, Irene, South Africa.

78. **Sosa, C. 2006.** determinación de los receptores para prolactina en células epiteliales de folículos pilosos primarios y secundarios de piel de alpaca (*Lama pacos*), mediante inmunohistoquímica. Tesis Med. Vet. Univ. Nac. Mayor de San Marcos Lima Perú.
79. **Southcott, J. y L. Royal. 1971.** Effect of implanted testosterone propionate on the growth and wool production of merino wethers. Aust. J. of Agric. Res. 22: 271-282.
80. **Sumar, J. 2005.** What makes a champion.  
<http://www.alpacas.com/AlpacaLibrary/Champion.aspx>
81. **Sumner, R.M.W. y M.L. Bigham. 1993.** Biology of Fibre Growth and Possible Genetic and Non-Genetic means of Influencing fibre growth in sheep and goats- a review. Livestock Production Science 33: 1-29.
82. **Thompson, A.N. 1998.** Intrinsic strength of wool fibres. PhD Thesis, Adelaide Univ. Australia.
83. **Toyofuku, N. 1985.** correlaciones entre peso vivo, longitud del cuerpo, perímetro torácico y alzada, con características del vellón en alpacas variedad Huacaya. Tesis Ing. Zoot. Univ. Nac. Agra. La Molina Lima Perú pp 23-24; 38-41.
84. **Velarde, N.; G. Mamani y V. Bustinza. 1998.** Efecto de la edad sobre la producción de carne y piel en alpacas machos de la raza Huacaya. X reunión cient. Anual APPA Puno pp 15.
85. **Velasco, J. 1978.** Pesos corporales y pesos de vellón de primera esquila en alpacas. Ann. Reunión Aso. Latin. Prod. Anim. Lima.
86. **Villarroel, J. 1963.** Un Estudio de la Fibra de Alpaca. An. Cient. Univ. Nac. Agrar. La Molina Lima Perú 3: 247-273.
87. **Villarroel, J. 1991.** Las fibras. En: Avances y perspectivas del conocimiento de los CSA Edi. Fernández Baca Fao Santiago Chile 363 - 386.
88. **Wallace, A. 1979.** The effect of hormones on wool growth. In: (Ed) Black J. y P. Reis Physiological and environmental limitations to wool growth. Univ. of New England Pub. Unit. Armidale, New South Wales, 257-268.
89. **Williams, J. 1995.** Wool growth. In. (Ed) Cotlee. Australian sheep and wool handbook. Inkata press. Melbourne Australia pp 224-242.

90. **Woods, J. y D. Orwin. 1988.** Seasonal variations in the dimensions of individual Romney wool fibres determined by a rapid autoradiographic technique New Zealand J. Agric. Res. 31:311.
91. **Wuliji, T. 1993.** alpaca fiber production, fiber growth seasonality and fiber characteristics variation in a cool-temperate environment of new zeland. Proc. The XVII Int. Grassl. Congr., 1494-1495.
92. **Wuliji, T., G.H. Davis, K.G. Dodds, P.R. Turner, R.N. Andrews and G.D. Bruce. 2000.** Production, Preformance, Repeatability Estimates for Live Weight and Fibre Characteristics of Alpacas in New Zealand. Small Rumin. Rev. 37:189-201.
93. **Wynn, P.; A. Wallace; A. Kirby y E. Annison. 1988.** Effects of growth hormone administration on wool growth in merino sheep. Aust. J. of Biol. Sci. 41: 177-187.
94. **Yi, P. 1995.** The prenatal development of the fibre follicle in alpaca (*Lama pacos*) Fine Fibre News 5:27-32.

## **APÉNDICES**